

# ANÁLISE DE DESEMPENHO DE APRENDIZAGEM DE ELETROMAGNETISMO NO ENSINO MÉDIO DURANTE A PANDEMIA DE SARSCOVID-19 UTILIZANDO UMA MÁQUINA DE CORRENTE CONTÍNUA

*Analysis of Electromagnetism Learning Performance in High School during the SarsCovid-19 Pandemic Using a Direct Current Machine*

**Murilo Araújo Santos** [Murilo.santos@snp.ifmt.edu.br]

**Iramaia Jorge Cabral de Paulo** [iramaiaj@gmail.com]

**Junior Gonçalves da Silva** [junior@fisica.ufmt.br]

**Daniela de Oliveira Maionchi** [dmaionchi@gmail.com]

*Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Universidade Federal de Mato Grosso*

Recebido em: 24/08/2022

Aceito em: 01/08/2023

## Resumo

Este trabalho propõe a utilização de uma maleta didática com uma máquina de corrente contínua no processo de ensino-aprendizagem do eletromagnetismo clássico para o ensino médio. O objetivo da proposta é proporcionar condições aos alunos para uma aprendizagem significativa dos conceitos fundamentais oriundos dos fenômenos eletromagnéticos de maneira que sejam capazes de aplicá-los na compreensão e solução de problemas em situações análogas e cotidianas. O intuito é de que os alunos consigam aprender de forma significativa e que sejam capazes de transferir esse conhecimento para situações análogas. Para isso, foram trazidas questões do cotidiano a fim de aproveitar os conhecimentos prévios que foram desenvolvidos ao longo da vida, possibilitando um refinamento desses subsunçores, permitindo que o conhecimento científico seja edificado na estrutura cognitiva do aprendiz. Esta proposta aborda os conceitos de tensão e corrente elétrica, circuitos elétricos, a lei de indução eletromagnética de Faraday e semicondutores.

**Palavras-chave:** Eletromagnetismo, lei de Faraday, máquina de corrente contínua, ensino médio.

## Abstract

This work proposes the use of an educational kit featuring a direct current machine in the teaching-learning process of classical electromagnetism for high school education. The objective of this proposal is to provide students with the conditions for meaningful learning of fundamental concepts derived from electromagnetic phenomena, in a way that enables them to apply these concepts in understanding and solving problems in analogous and everyday situations. The intention is for students to achieve significant learning and to be capable of transferring this knowledge to similar situations. To achieve this, everyday questions have been introduced to leverage the prior knowledge that has been developed throughout life, allowing for a refinement of these cognitive structures, enabling scientific knowledge to be constructed within the learner's cognitive framework. This proposal covers the concepts of voltage and electric current, electric circuits, Faraday's law of electromagnetic induction, and semiconductors.

**Keywords:** Electromagnetism, Faraday's Law, Direct Current Machine, High School.

## 1 Introdução

O desempenho desta maleta foi avaliado por meio da comparação de desempenho entre duas turmas: grupo de teste e grupo de controle, ambos do segundo ano do ensino médio. A avaliação do desempenho foi realizada por meio da análise de avaliações realizadas antes e depois da implementação do material didático. O estudo segue um delineamento quase-experimental devido a amostragem não ter sido aleatória. Essa escolha foi feita considerando desafios logísticos relacionados a um delineamento experimental completo, o qual exigiria aulas adicionais em horários alternativos. A implementação ocorreu durante o período de isolamento da pandemia de SarsCovid-19, tornando impraticável a realização de aulas fora do horário regular devido a atividades assíncronas em outras disciplinas. Utilizar esse momento poderia impor um ônus aos alunos. Portanto, o delineamento quase-experimental se mostrou apropriado para esta pesquisa.

A turma do segundo ano do curso técnico em Automação Industrial foi designada como grupo de teste, onde a sequência didática enfatizou a utilização da maleta didática. Enquanto isso, a turma do segundo ano do curso técnico em Eletromecânica foi designada como grupo de controle, recebendo aulas expositivas convencionais sem os recursos experimentais da maleta didática. Ambos os grupos seguiram a mesma sequência didática, com a diferença de que o grupo de controle não utilizou a maleta.

As metodologias de coleta de dados para os grupos de teste e controle estão delineadas na Figura 1, respectivamente. É importante notar que a escolha dos grupos de teste e controle foi feita através de sorteio, sem nenhum viés direcionado. Os dados X e Y foram coletados a partir de um mesmo questionário apresentado no **Apêndice A** Avaliação Inicial. Enquanto os dados X' e Y' foram extraídos do questionário do **Apêndice B**. Embora esses questionários não sejam idênticos, eles abordam os mesmos temas nas perguntas. Isso porque, de acordo com Mayer (2002), quem compreende um assunto deve ser capaz de inferir e aplicar o conhecimento em situações análogas.

Os dados coletados foram analisados de maneira qualitativa e quantitativa para avaliar a contribuição dos experimentos com a maleta didática como recurso facilitador para a aprendizagem significativa dos estudantes.



**Figura 1:** Esquema da metodologia aplicada nas turmas teste e controle.

É fundamental ressaltar a significância da demonstração e experimentação no processo de ensino-aprendizagem. A demonstração se mostra relevante em contextos onde os recursos da

escola são limitados como discutido em Crouch, C, Fagen, A, Callan et al (2004), enquanto a experimentação complementa o conhecimento teórico adquirido por meio de outras abordagens metodológicas segundo Pinto, V., Viana, A., & Oliveira, A. (2013). Além disso, a experimentação permite ao aluno vivenciar os conceitos da física de forma tangível, utilizando seus próprios sentidos para compreender a matéria Stojilovic, N. & Isaacs, D.E. (2018).

## 2 Sequência Didática

A abordagem adotada no ensino do eletromagnetismo para o nível médio, utilizando a máquina de corrente contínua, será apresentada a seguir, também como sugestão para outros professores. A sequência didática aqui apresentada está programada para 5 aulas, porém o professor deve adaptá-la de acordo com o contexto e o tempo disponível para abordar o tema. As aulas apresentadas tiveram uma duração de 60 a 90 minutos cada.

Para a realização das demonstrações práticas, são necessários os seguintes equipamentos e dispositivos: máquina de corrente contínua (127V ou 220V com 600W), fonte de tensão contínua (de 0 a 30V), fonte de tensão alternada (de 0 a 100V), interruptor de dois estados, diodo (220V e 2A), multímetro, alicate amperímetro, lâmpada incandescente de 12V (5W) e furadeira.

Atenção! Nunca ligue o motor de corrente contínua em sua tensão nominal (127V ou 220V) sem carga mecânica. Essa máquina pode atingir rotações extremamente altas e pode eventualmente danificar o enrolamento da armadura devido à força centrífuga. Para fins de demonstração, tensões de no máximo 30V são suficientes. Dessa forma, as demonstrações podem ser realizadas com segurança (Segurança em instalações e serviços em eletricidade NR 10).

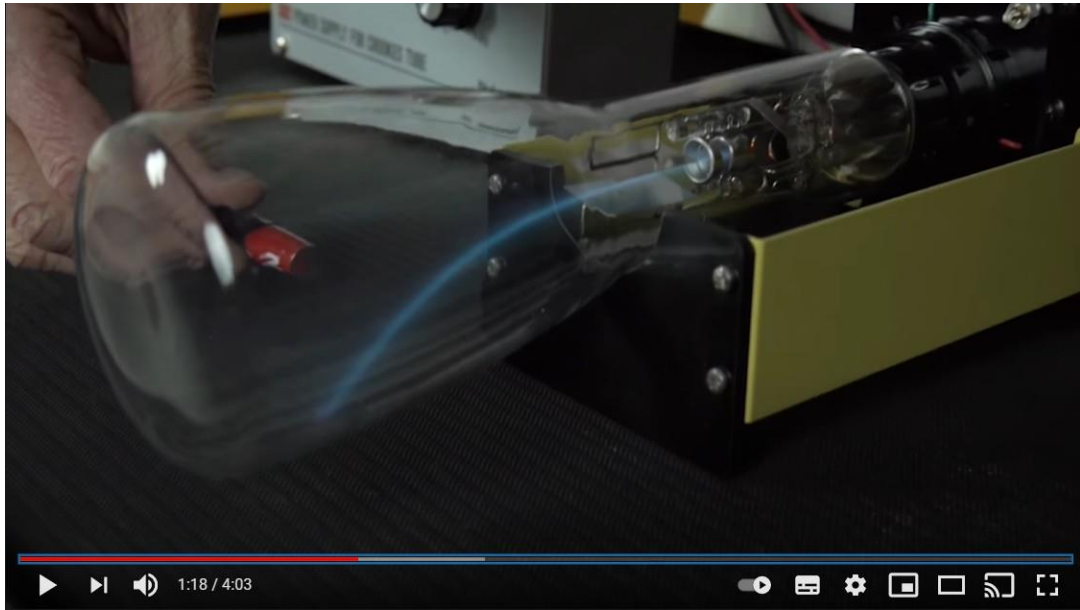
### 2.1 Aula 1

#### Força elétrica e força magnética

Nesta aula é importante que o professor diferencie essas duas forças. Interessante salientar sobre a direção e sentido da força e do campo elétrico. Caso seja uma carga negativa, o que altera? Comentar sobre o sentido da força. Instigá-los a pensar sobre o surgimento desse campo elétrico e se possível, inserir o contexto real, mencionando um capacitor carregado. Executar um exercício onde uma carga seja arremessada dentro de um campo elétrico e debater sobre sua trajetória e sua variação de energia cinética W.H. Hayt & J.A. Buck (2010).

No caso do campo magnético, o professor deve enfatizar a questão da direção da força magnética, que se difere da força elétrica. Neste caso, a força não fica na mesma direção do campo. Aliás, esta força é estabelecida de forma perpendicular ao plano que contém o vetor velocidade  $\vec{v}$  da carga e o vetor campo magnético  $\vec{B}$ . Para isso, seria interessante comentar brevemente sobre o produto vetorial e ensiná-los sobre a regra da mão direita. O fato do vetor força  $\vec{F}$ , e consequentemente aceleração  $\vec{a}$ , aparecer sempre perpendicular ao movimento da carga implica em um fato importante: o módulo do vetor velocidade  $\vec{v}$  permanece sempre constante. O vetor aceleração apenas descreve a mudança de direção do vetor velocidade da carga. Desta forma, não há variação de energia cinética na carga. Outra informação importante é sobre a inexistência de força magnética quando a carga se movimenta na mesma direção do campo magnético, seja no mesmo sentido ou sentido oposto, conforme mostrado no vídeo da Figura 2 que trata sobre a ação do campo magnético sobre um tubo de raios catódicos Magtaan, J. (2017).

Caso queira utilizar algum sistema de enquetes online, por exemplo o *Telegram*, sugere-se alguns exemplos de perguntas que envolvem os conceitos fundamentais:



**Figura 2:** Captura de tela do vídeo *Magnetic Forces and Magnetic Fields* retirado de <https://youtu.be/RqSode4HZrE>.

- A energia cinética de uma carga elétrica varia quando estiver dentro de um campo elétrico?
- A direção da força elétrica fica na mesma direção que o campo elétrico em uma carga dentro deste campo?
- Quanto mais rápido uma carga atravessar um campo magnético, maior será a força magnética nela incidente?
- Quanto mais intenso for o campo magnético, maior será a força incidente na carga?
- Uma carga que atravessa um campo magnético necessariamente perceberá força?
- A energia cinética de uma carga que corre dentro de um campo magnético sempre varia?

## 2.2 Aula 2

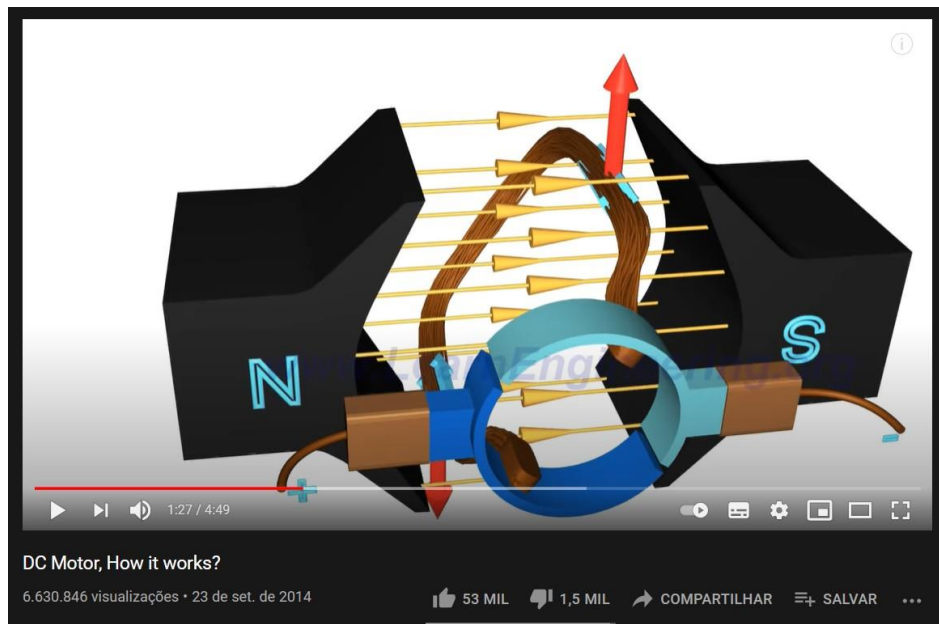
### Princípio de funcionamento do motor de corrente contínua e aspectos construtivos

Nesta aula, é interessante que o docente explique o princípio de funcionamento do motor e seus aspectos construtivos com auxílio de um roteiro Magtaan, J. (2017) ou de um vídeo, como o apresentado na Figura 3.

Deve-se falar sobre o enrolamento de armadura, presente no rotor do motor, e o enrolamento de campo, presente no estator da máquina Chapman, J.(2013). Alguns motores funcionam com ímã permanente, não necessitando do enrolamento de campo.

Muito importante salientar a importância do anel comutador para esse tipo de máquina. Sem ele, não seria possível o funcionamento contínuo. Enfatizar também a necessidade das escovas e suas desvantagens como as manutenções que devem ser realizadas com frequência devido

ao desgaste provocado pelo atrito das com o anel comutador Santos, M.A & Maionchi, D.O (2021).



**Figura 3:** Captura de tela do vídeo *DC Motor, How it works?* Disponível em: <https://youtu.be/LAtPHANefQo>.

## 2.3 Aula 3

### Circuitos série e paralelo

Com os enrolamentos disponíveis, é possível realizar as ligações série e paralelo do motor.

A Figura 4(a) mostra os terminais do enrolamento de campo e enrolamento de armadura e a fonte de tensão contínua presentes no interior da maleta didática. Para realizar a ligação paralela entre os enrolamentos e a fonte de tensão contínua, deve-se ligar o borne 1-3-5 e 2-4-6, conforme mostrado na Figura 4(b).

Para energizar os enrolamentos do motor em série, como mostrado na Figura 4(c), ligam-se os terminais 5-3. A corrente flui por dentro do enrolamento da armadura e sai pelo borne 4 e então entra pelo borne 2, segue pelo enrolamento de campo e então sai pelo borne 1 até o outro terminal da fonte de corrente contínua.

Com auxílio da lousa, é possível ainda desenhar o circuito elétrico equivalente dos enrolamentos e a fonte de tensão. No caso, da ligação série, é possível debater acerca da lei de Kirchhoff das malhas, pois a tensão da fonte será dividida entre os enrolamentos. Na ligação paralelo, é possível debater sobre a lei de Kirchhoff dos nós Boylestad, R. L (2013).

. O procedimento para medir esses parâmetros elétricos serão discutidos no próximo tópico.

Para realizar essas medições, deve-se atentar à ligação do instrumento ao circuito elétrico e se está ajustado para ler corrente contínua ou corrente alternada. Para tensão elétrica, o multímetro deve estar com sua chave selecionada na tensão em escala apropriada. Os terminais do multímetro devem ser colocados em paralelo com o ramo que se pretende medir conforme mostrado na Figura 5 (a).



**Figura 4:** (a) Bornes relativos ao enrolamento de campo, enrolamento de armadura e da fonte de corrente contínua. (b) Conexão paralela e (c) série dos enrolamentos da armadura e de campo alimentados pela fonte de corrente contínua.

Caso seja colocado em série com o ramo, o motor pode não funcionar corretamente, pois não haverá corrente circulante por esse ramo já que o voltímetro possui uma alta resistência equivalente.

Para medir a corrente, o multímetro deve estar com sua chave selecionada em corrente elétrica na escala adequada. Para a leitura correta da corrente elétrica, o amperímetro deve ser colocado em série com o ramo a ser medido. Uma dica é remover o cabo banana e substituí-lo pelos terminais do amperímetro, de forma que a corrente seja forçada a passar integralmente por dentro do equipamento de medição conforme mostrado na Figura 5 (b).

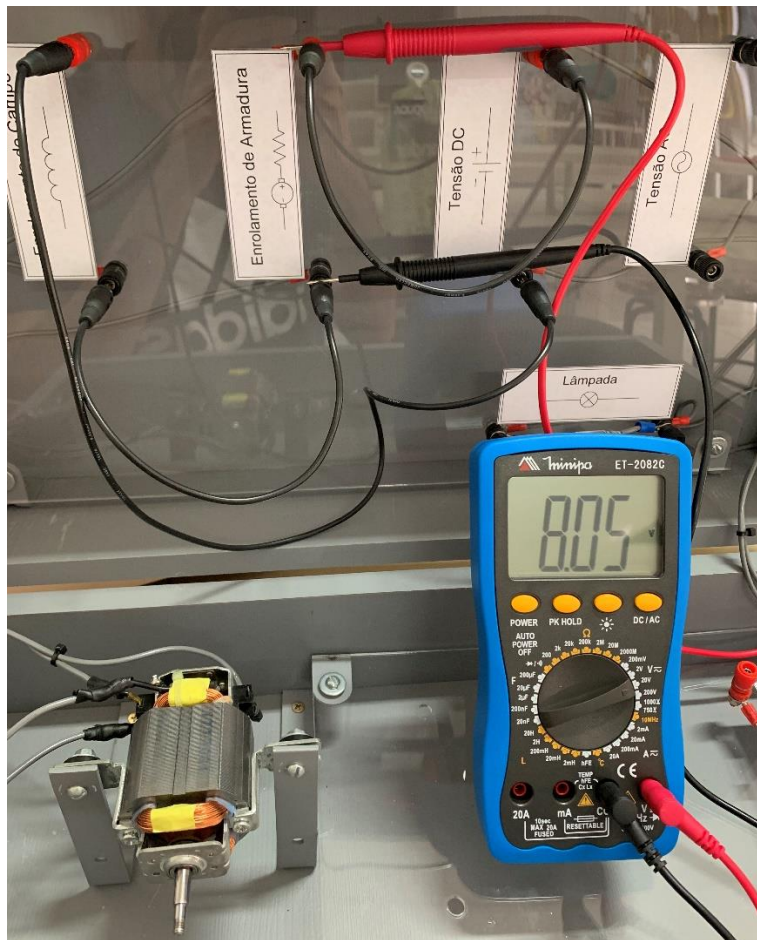
Para utilizar corretamente o alicate amperímetro, a primeira condição a ser satisfeita é a existência de corrente alternada no circuito. Como este equipamento tem seu princípio de funcionamento pautado na lei de indução eletromagnética de Faraday [3], é condição *sine qua non* que a corrente seja variante no tempo para haver medição. Para realizar a leitura, o alicate amperímetro deve envolver o condutor do ramo em questão conforme mostrado na Figura 5 (c).

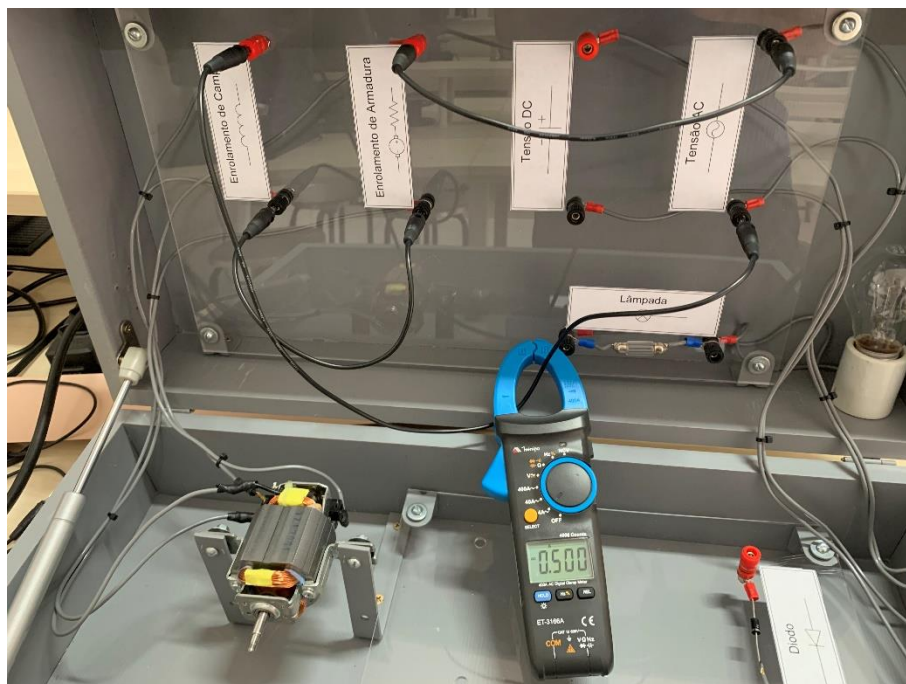
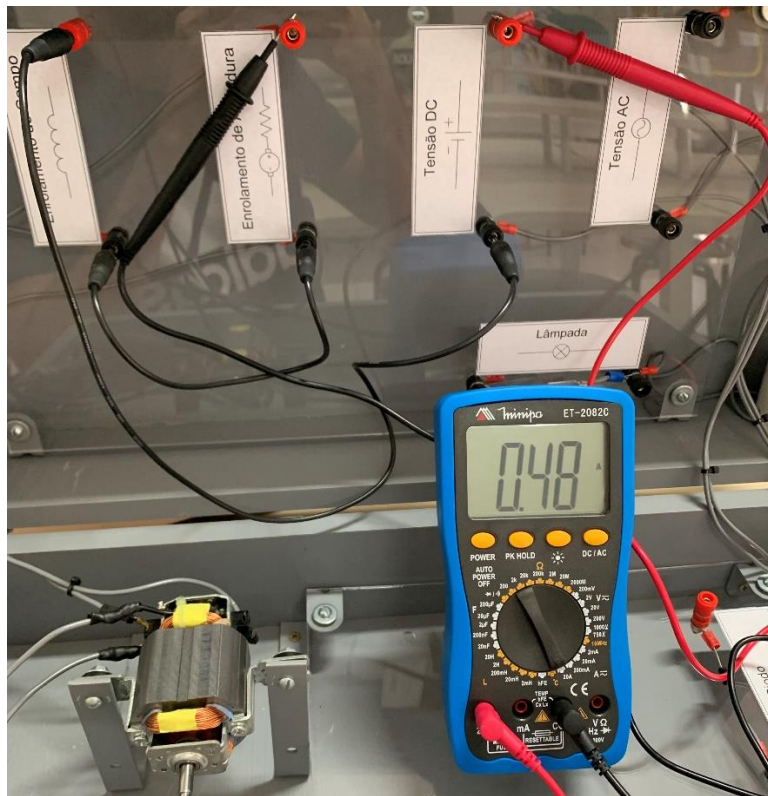
Importante também salientar que se o alicate envolver dois condutores que possuem a mesma corrente em sentidos opostos, o fluxo magnético resultante no interior do alicate será nulo e não haverá indução. Portanto, a corrente mensurada será igual a zero segundo Boylestad, R. L (2013)

### Tensão e velocidade de rotação

Ligue o motor de corrente contínua na excitação série e conecte este à fonte de tensão contínua primeiramente com sua tensão zerada. Vá aumentando a tensão gradualmente. Com pouca tensão, a potência elétrica fornecida será baixa, podendo não ser suficiente para gerar um torque induzido superior ao torque de carga (atrito). Desta forma, o motor continuará parado. Ressaltar aos alunos que, neste momento, o torque de carga não será igual ao torque induzido, pois caso fosse maior, o motor aceleraria no sentido contrário violando o princípio de conservação da energia Chapman, J.(2013).

A partir de uma determinada tensão, o torque induzido começa a ser maior que o torque de carga e o motor acelera. Discuta sobre os parâmetros elétricos e mecânicos envolvidos nessa aceleração e desaceleração conforme.





**Figura 5:** Medição (a) da tensão interna gerada do enrolamento da armadura e da corrente elétrica do circuito com (b) multímetro e (c) alicate amperímetro.

## 2.4 Aula 4

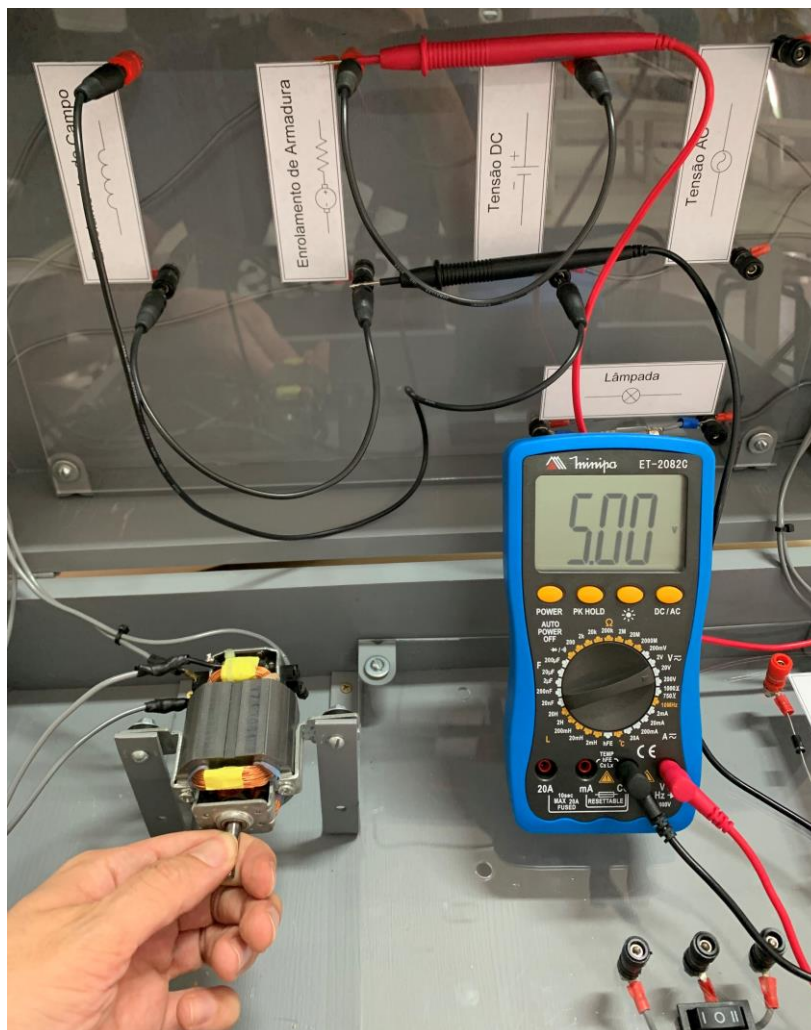
### Carga mecânica e corrente injetada

Coloque o motor de corrente contínua na configuração série e alimente-o com a fonte de tensão contínua. Comece em 0V e vá aumentando até chegar na tensão suficiente para fazer o motor rodar, a menor possível.



Dessa forma, o torque, a velocidade de rotação e, conseqüentemente, a potência mecânica será reduzida. Desta forma, a demonstração será mais segura. Caso a fonte de tensão contínua tenha um amperímetro embutido, não será necessária a instalação de outro amperímetro.

Com as mãos, segure o eixo do motor. Aperte-o com os dedos, simulando um torque de carga. Caso prefira não utilizar a mão, é possível pressionar com um alicate. Se o torque de carga for maior que o torque induzido, haverá uma desaceleração do eixo do motor. Neste momento, é possível observar, através do amperímetro, uma maior corrente injetada pela fonte. Devido a menor tensão interna gerada nos enrolamentos da armadura. Inclusive, é possível medir essa queda na tensão conforme mostrado na Figura 6.



**Figura 6:** Redução na tensão interna gerada ao simular a inserção de torque de carga. A tensão com o eixo livre era de 8.05V.

Explique aos alunos que isso acontece também quando um liquidificador funciona com uma carga mecânica elevada. Porém, no caso do liquidificador, deve-se ressaltar que este se encontra em tensão nominal (127V ou 220V) e, portanto, este efeito é amplificado. A corrente nessa situação se torna exorbitante, maior que os condutores podem suportar. Caso perdesse por muito tempo, os condutores se aquecem excessivamente, devido ao efeito joule, e podem se romper, danificando o motor Santos, M.A & Maionchi, D.O (2021).

### Funcionamento em corrente alternada

Ligar os enrolamentos de campo e armadura em série e então ligá-los com a fonte de tensão alternada. Na corrente alternada, a inversão do sentido da corrente acontece para os dois enrolamentos simultaneamente. Desta forma, o sentido do torque permanece inalterado. Mantendo a rotação deste motor. Para inverter o sentido de rotação do motor, é necessário inverter a alimentação do enrolamento de campo ou enrolamento de armadura no circuito série. Caso seja invertido apenas a alimentação da fonte, mantendo a alimentação das bobinas, o motor não terá seu sentido alterado.

Explicar que este motor, quando ligado em série, também é chamado de **motor universal**, pois funciona adequadamente em corrente contínua ou corrente alternada Chapman, J.(2013).

### Circuito retificador de meia onda

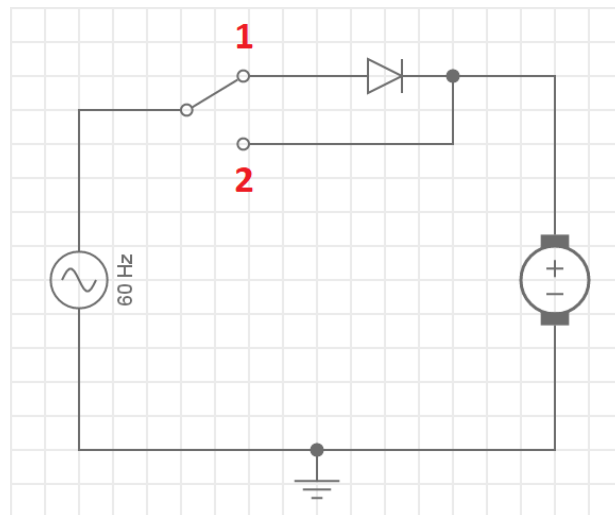
Para essa demonstração, é necessário que o motor seja ligado em corrente alternada, portanto, deve ser ligado em série. Importante ressaltar aos alunos que esse esquema é realizado em liquidificadores simples de duas velocidades. Na demonstração, efetuar a ligação mostrada na Figura 6.

Ajuste a fonte para que forneça em torno de 30V. A chave de dois estados controlará a potência mecânica desenvolvida pelo motor. Caso o motor seja alimentado através do diodo, sua velocidade de rotação será baixa. Caso seja ligado de forma direta, ele rodará mais rápido. A ligação deste circuito está apresentada na Figura 7.

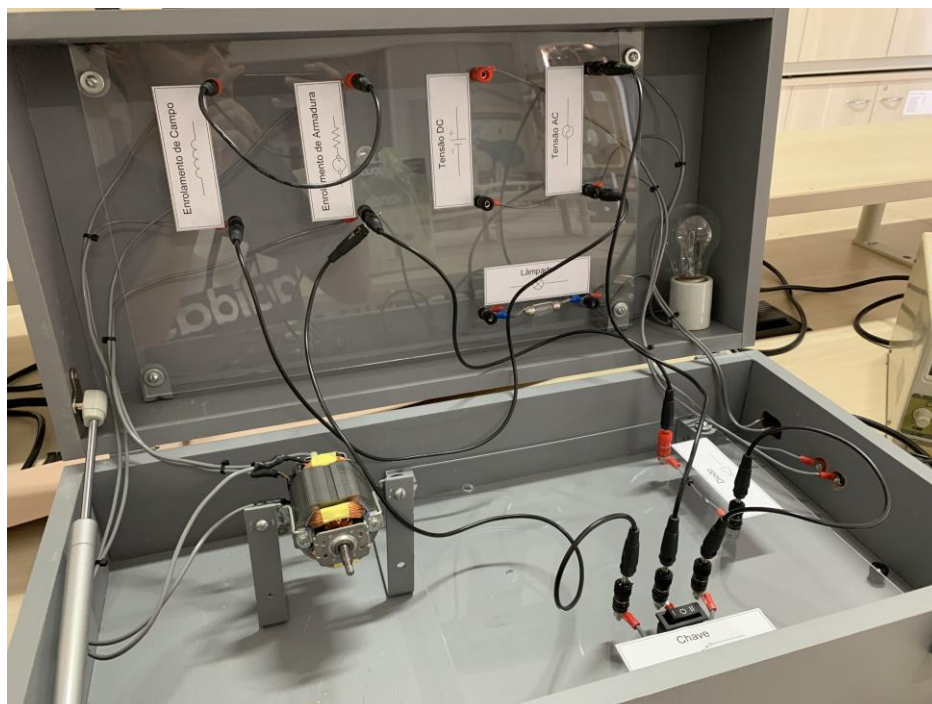
## 2.5 Aula 5

### Correntes parasitas

Essas correntes aparecem quando o campo magnético presente no núcleo magnético da máquina é variante no tempo, conforme já explicado. Na demonstração, o professor primeiramente deve ligar o enrolamentos de campo e enrolamento de armadura em série. E então ligar o motor em 30V em corrente contínua e deixar ele rodando por 10 minutos. Desligue o motor e sinta a temperatura do núcleo magnético com as mãos. Ele estará próximo a temperatura ambiente. haverá um certo aquecimento, pois os enrolamentos irão esquentar devido a corrente que circulará por eles e então o calor será transferido por condução ao núcleo magnético. Explique aos alunos que não há emissão de calor por parte do núcleo magnético. Espere alguns minutos para que a temperatura volte a a temperatura ambiente.



**Figura 7:** Circuito elétrico equivalente de um liquidificador de duas velocidades.



**Figura 8:** Circuito elétrico de um liquidificador de duas velocidades.

Então, ligue o motor em corrente alternada na mesma tensão e espere por 3 minutos. Logo em seguida, desligue o motor e encoste novamente no núcleo magnético dele. A temperatura percebida será mais alta comparada ao funcionamento em corrente contínua. Explique o motivo desse maior aquecimento. Cite a lei de indução eletromagnética de Faraday e as correntes parasitas. Ressalte a importância da laminação do núcleo magnético para reduzir essas correntes induzidas Agarwal, P.D. (1959). Na confecção deste material, é adicionado impurezas que prejudicam sua característica elétrica, tornando-o mais resistivo, colaborando com a redução das correntes parasitas Chapman, J.(2013).

Neste experimento, seria interessante possuir um termômetro digital por infravermelho para medir a temperatura e mostrar aos alunos mais facilmente. Entretanto, caso não tenha, utilize o tato.

### **Campo magnético residual**

O professor poderá mostrar esse fenômeno com a ação motora e ação geradora da máquina. Neste experimento, deve-se ligar o enrolamento de campo em corrente contínua. Insira 2.5 A neste enrolamento e espere uns 30 segundos. Desligue a fonte. Na ação motora, com o enrolamento de campo desligado, ligue a fonte de corrente contínua no enrolamento da armadura. O motor pode iniciar a rotação. Caso não se movimente no primeiro momento, rode o eixo com a mão, fornecendo-o um pequeno torque de partida. E então o motor começará a se movimentar sozinho. Na ação geradora, depois de energizar o enrolamento de campo por 30 segundos, ligue um voltímetro na escala de milivolts e posicione seus terminais no enrolamento de armadura. Rode o eixo da máquina com as mãos e observe no display do voltímetro uma pequena tensão induzida.

Caso utilize o sistema de enquetes, recomenda-se que algumas perguntas a sejam realizadas antes da demonstração a fim promover alguma reflexão sobre o tema facilitando a emergência de subsunçores:

- O motor será capaz de funcionar sem a alimentação no enrolamento de campo?
- Ao rotacionar o eixo da máquina, haverá tensão induzida nos enrolamentos de armadura?
- (depois da demonstração, pergunte) Há campo magnético residual no núcleo magnético da máquina?

### **Função geradora**

Nesta demonstração, é necessário energizar o enrolamento de campo com 2,5A. Ligue o enrolamento de armadura com a lâmpada incandescente.

é preferível utilizar uma lâmpada de baixa potência e baixa tensão nominal, caso contrário, o brilho será pouco expressivo. Acople mecanicamente o mandril da furadeira no eixo da máquina e acione-a. Observe o brilho que surgirá na lâmpada. Explique a lei de indução eletromagnética de Faraday. Relacione a velocidade de rotação com o brilho da lâmpada, quanto mais rápido, maior a tensão induzida e, conseqüentemente, maior o brilho, Chapman, J.(2013).

## **3 Resultados e Discussões**

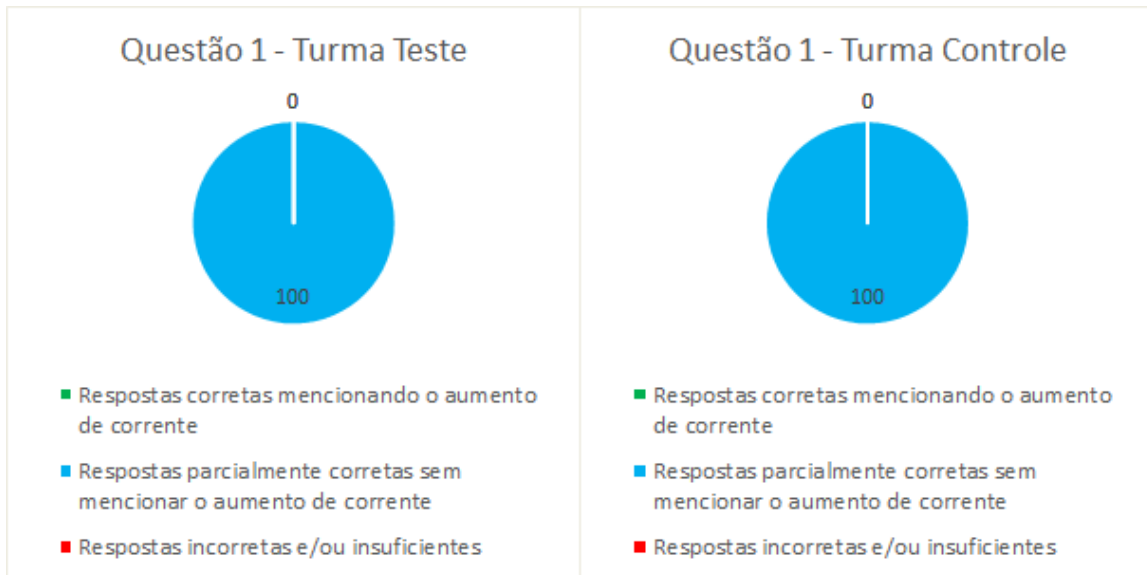
Para a análise das respostas obtidas através das sondagens, foi feito um esquema de classificação das respostas. Desta forma, foi possível compilá-las quantitativamente para a análise apresentada a seguir.

### **3.1 Sondagem Inicial**

A sondagem inicial, encontrada no Apêndice, contou com algumas questões possivelmente próximas do cotidiano do aluno. Desta forma, foi possível investigar os conhecimentos prévios que posteriormente foram utilizados como subsunçores para os assuntos trabalhados com a sequência didática. As respostas entregues foram debatidas e exploradas nas aulas.

### 3.1.1 Questão 1

A primeira pergunta realizada trata sobre a influência da sobrecarga mecânica no funcionamento do motor de corrente contínua. Nesta pergunta, 100% dos alunos, tanto da turma teste como de controle, responderam que este motor queimaria/aqueceria/pararia de funcionar, conforme mostrado na Figura 9. As respostas foram breves e assertivas.



**Figura 9:** Resultados graficamente expressos acerca da questão 1 da sondagem inicial.

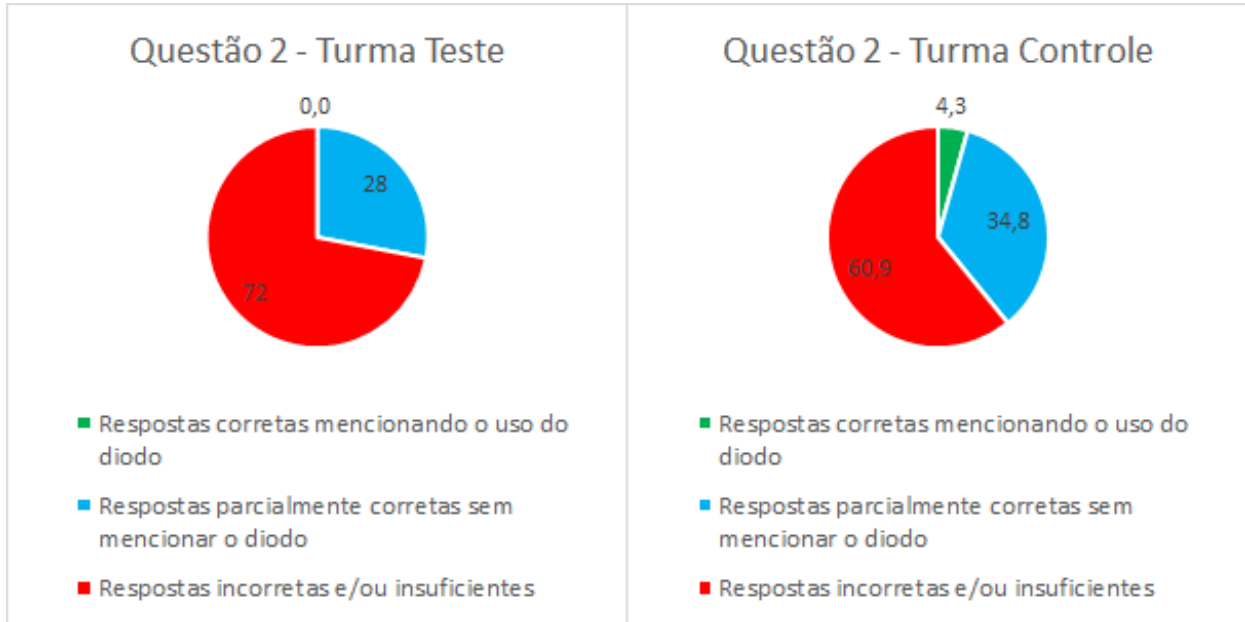
Foi mencionado que uma parte da energia elétrica é convertida em energia térmica naturalmente e que

este fenômeno é perceptível em alguns eletrodomésticos. Pode-se observar um certo conhecimento prévio sobre o princípio de conservação da energia. Além disso, este determinado estudante poderia utilizar este indício de subsunção como ancoradouro para aprender significativamente a primeira lei da termodinâmica.

Os estudantes responderam corretamente que o motor sofreria algum tipo de avaria devido a sobrecarga aplicada em seu eixo; entretanto nenhum destes foi capaz de explicar fisicamente o porquê. Foi um resultado considerado esperado tendo em vista que o assunto muito provavelmente é inédito em sua formação. O uso dos eletrodomésticos pode ser uma interessante possibilidade para auxiliar o processo de ensino/aprendizagem na Física, tendo em vista os subsunções que foram desenvolvidos ao longo da vida do aprendiz.

### 3.1.2 Questão 2

Foi perguntado na segunda questão como o liquidificador era capaz de alterar sua velocidade de rotação. Houve um resultado distinto em relação à primeira questão. A maioria das respostas de ambas as turmas foram incorretas e/ou insuficientes conforme apresentado na Figura 10. O desempenho da turma controle foi ligeiramente melhor comparado à turma teste.



**Figura 10:** Resultados graficamente expressos acerca da questão 2 da sondagem inicial.

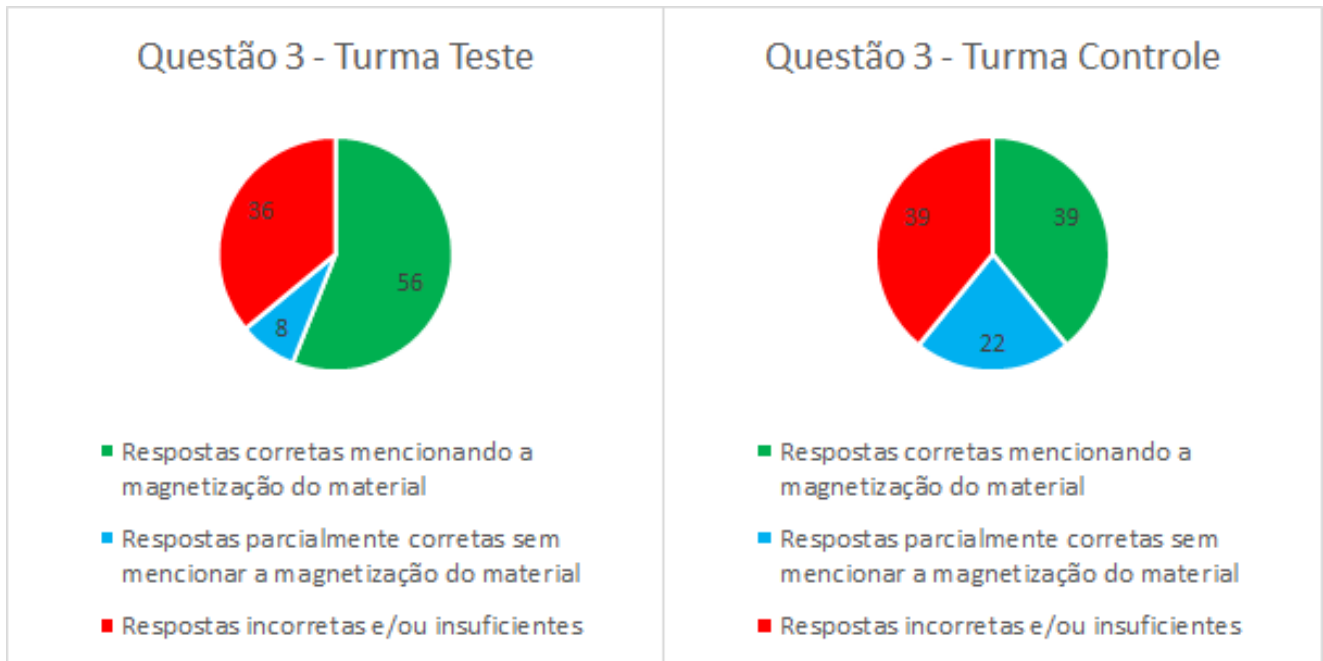
Os alunos que acertaram parcialmente essa questão mencionaram a alteração da resistência elétrica a fim de reduzir a velocidade de rotação do motor. Provavelmente, podem ter resgatado em sua estrutura cognitiva o conceito de divisor de tensão, técnica utilizada em circuitos elétricos para alterar o nível de tensão em uma determinada carga pela variação de resistência elétrica em série. Entretanto, os liquidificadores de duas velocidades não utilizam esses resistores mencionados para alteração da velocidade de rotação. Trata-se de uma solução tecnicamente inferior tendo em vista uma dis-

sipação maior de energia, reduzindo o rendimento do eletrodoméstico. Em liquidificadores de duas velocidades, o uso do diodo é extremamente comum a fim de realizar a redução de velocidade Santos, M.A & Maionchi, D.O (2021). Um único discenteda turma controle mencionou o mais próximo dessa resposta, porém com um erro conceitual no que se refere ao diodo fazer a energia reduzir de potência.

### 3.1.3 Questão 3

Na terceira questão, foi investigado o provável conceito subsunçor que serviu de ancoragem para o conceito de magnetização de materiais, utilizando novamente uma situação possivelmente próxima dos alunos. Os resultados estão expressos na Figura 11. A turma teste foi ligeiramente melhor que a turma con-

trole.



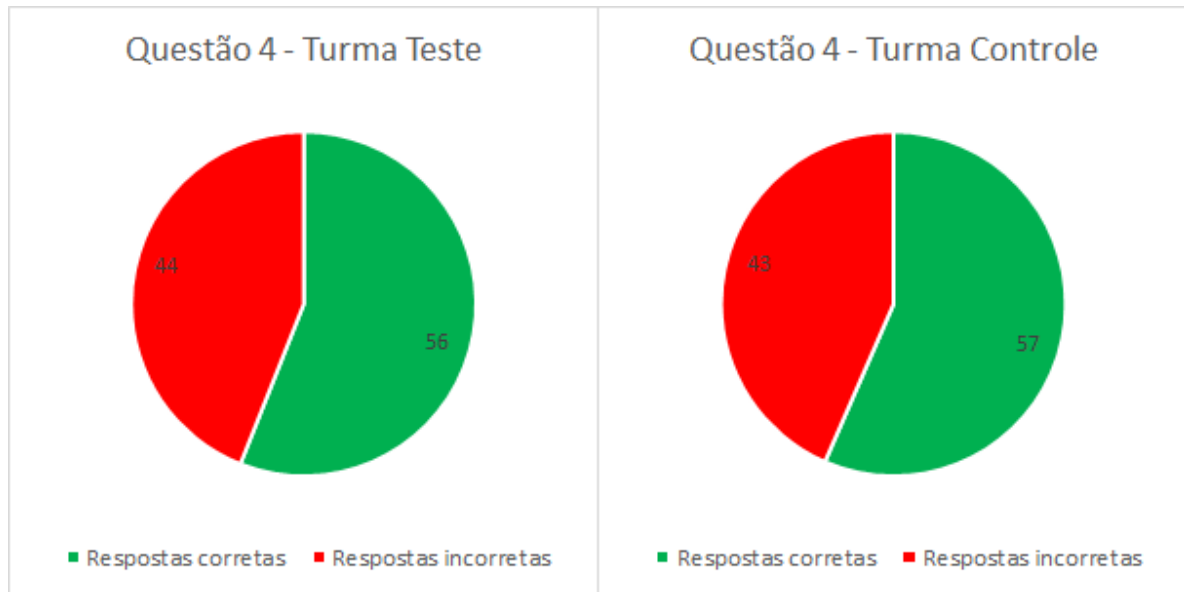
**Figura 11:** Resultados graficamente expressos acerca da questão 3 da sondagem inicial.

É perceptível o conhecimento prévio de alguns discentes sobre a magnetização desses materiais. Provavelmente este subsunçor poderá ser mais elaborado ao receber novas informações, pois o fenômeno da magnetização residual pode ser trabalhado no contexto da máquina de corrente contínua. Vale salientar também que o mesmo relatou em sua resposta que a magnetização “vai esvaindo em função do tempo”. Aqui podemos notar um terreno fértil para contextualizar a entropia, descrita pela segunda lei da termodinâmica. Um discente da turma controle demonstrou alguma compreensão apenas do fenômeno de atração de ímãs com alguns metais, porém não mencionou o campo magnético residual que pode eventualmente perdurar nestes metais.

### 3.1.4 Questão 4

Na questão quatro, foi perguntado sobre a lei de indução de Faraday inserida no contexto da máquina de corrente contínua.

As turmas tiveram um desempenho semelhante, conforme apresentado na Figura 12. Tem-se uma evidência de que as turmas tenham um conhecimento prévio similar no contexto desta lei abordada, pois ambas turmas já tiveram aulas sobre eletricidade no ano anterior, devido às disciplinas técnicas do Instituto Federal.



**Figura 12:** Resultados graficamente expressos acerca da questão 4 da sondagem inicial.

## 3.2 Sondagem Final

As questões escolhidas para compor esse teste tiveram situações análogas às questões da sondagem inicial. Foi realizado dessa maneira para avaliar a habilidade de extrapolar e inferir características da aprendizagem significativa [1]. Dessa forma, foi possível inferir sobre o desempenho dos estudantes depois das aulas da sequência didática. Não foram realizadas exatamente as mesmas perguntas, pois os alunos poderiam lembrar de suas respostas anteriores, contaminar estes resultados e prejudicar a análise. A análise das questões foi feita a partir da classificação das respostas, da mesma maneira realizada na sondagem inicial. Assim, podemos fazer uma comparação entre as respostas antes e depois das aulas.

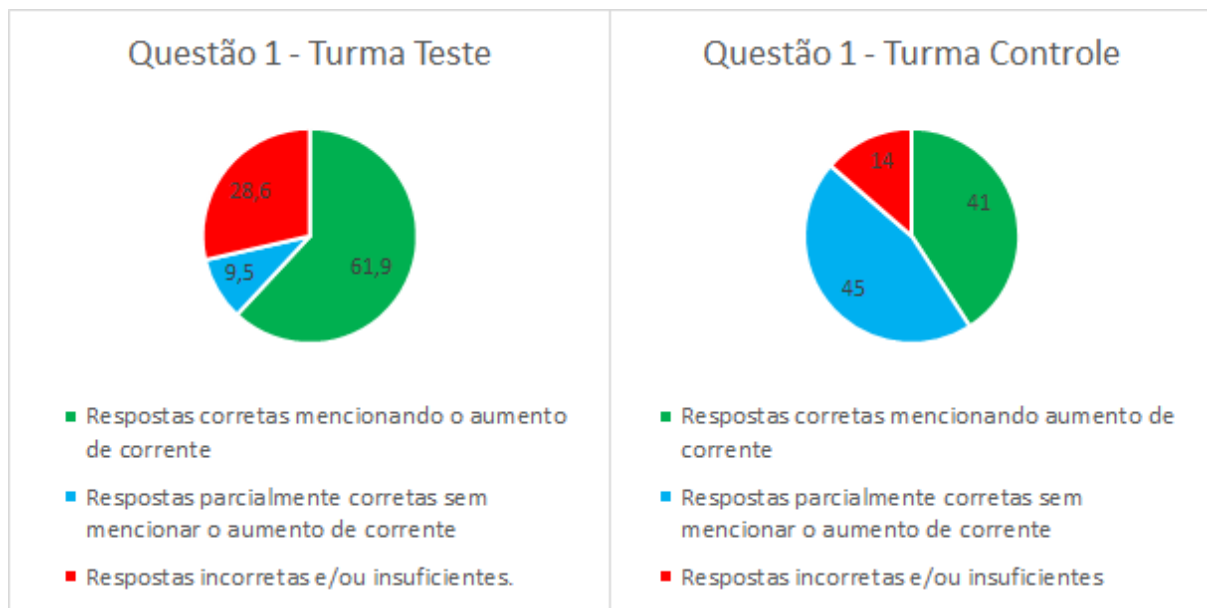
### 3.2.1 Questão 1

Nesta questão, foi apresentado aos alunos uma situação que pode eventualmente acontecer no nosso cotidiano. O conteúdo foi o mesmo da questão 1 da sondagem inicial. Trata-se da sobrecarga mecânica aplicada no eixo do motor de corrente contínua.

Na sondagem inicial, os alunos acertaram a questão quando disseram que o motor iria queimar, explicitando um certo conhecimento prévio. Esperou-se que, depois da sequência didática, esse subsunçor poderia ser mais elaborado, tendo em vista que o motivo dessa determinada queima poderia ser explicado fisicamente. Para que houvesse evidência de aprendizagem significativa, seria importante que eles mencionassem o aumento de corrente para explicar esse acontecimento. Uma resposta ideal seria:

*A moeda emperrada no eixo do motor fez com que a velocidade de rotação ficasse nula. Desta forma, a tensão induzida  $E_a$  seria drasticamente reduzida, e então, a corrente demandada pelo motor aumentaria. Esta corrente elevada geraria um maior aquecimento em seus enrolamentos, elevando a temperatura e danificando o enrolamento e conseqüentemente, o motor.*





**Figura 13:** Resultados graficamente expressos acerca da questão 1 da sondagem final.

Ao observar a Figura 13, podemos constatar que a turma teste conseguiu elaborar respostas mais próximas a ideal comparado à turma controle.

Na turma teste, 61.9% das respostas mencionaram o aumento de corrente para explicar a queima do motor, percentual maior que a turma controle que foi apenas 41%.

Devido a extensa e detalhada descrição do fenômeno, há uma evidência robusta de que houve aprendizagem significativa. O conhecimento prévio que era apenas a “queima do motor” pôde ser mais elaborado, pois o discente menciona grandezas físicas e suas interações.

Outras respostas, também da turma teste, foram menos elaboradas, mas ainda sim mencionando o aumento de corrente. Vejamos um exemplo:

*O motor pode ter queimado, pois com a moeda parada em seu eixo por um certo tempo, vai causar uma dificuldade dele rodar, e o motor acaba solicitando uma corrente elevada da fonte, o que causará a queima do motor.*

Foi possível observar um refinamento desse conceito na turma controle também. Vejamos:

*A moeda de 25 centavos ocasionou uma sobrecarga mecânica, ou seja, ela aumentou a carga mecânica feita sobre o motor, então diminuiu a velocidade de rotação do motor, fazendo isso, a tensão induzida também será diminuída, e ela é inversamente proporcional a corrente, então quando a tensão induzida diminui, a corrente irá aumentar. Fazendo com que mais corrente passe pelo motor, essa corrente maior irá dissipar mais calor, carbonizando o verniz que existe em volta do motor, queimando o motor. Esse calor também poderá romper o circuito.*

Houve também respostas apenas mencionando a queima do motor, da mesma forma que na sondagem inicial, sem mencionar o aumento de corrente. Essas respostas, representadas pela cor azul no gráfico, revelam indício de permanência ou robustez do subsunçor, enquanto conhecimento prévio não modificado para o conceito, o que pode caracterizar a falta de aprendizagem significativa ou aprendizagem mecânica. Vejamos alguns exemplos:

*Bom, a moeda caiu por acaso no eixo e ficou emperrada ocasionando a parada do eixo, o que pode ter ocasionado com alternativas a pergunta o motor é a sua parada e fazendo o motor queimar por fazer muita força, por isso quando ela chegou o motor não estava fazendo ruído e Ligado.*

*O motor queimou por causa da força adicional que ele começa a fazer por causa do eixo emperrado pela moeda, como ele não foi projetado pra isso, ele começa a forçar demais e estraga.*

*Por conta da interrupção causada pela moeda de 25 centavos o motor tentou continuar o trabalho, o que causou o superaquecimento do mesmo, levando a parada total do motor (podemos dizer que o motor queimou).*

Essas respostas foram mais numerosas na turma controle, representando 45% do total, número maior comparado à turma teste, que teve apenas 9,5%. Entretanto, há de se observar um maior percentual de respostas incorretas e/ou insuficientes na turma teste do que na de controle. É possível, inclusive, notar uma certa proximidade entre as respostas destes alunos, por exemplo:

*Por causa da eletrobomba da máquina, essa peça é muito importante, a moeda deve ter entrado na "bomba", estragando a peça, interrompendo o movimento do eixo.*

*As máquinas de lavar roupa têm uma peça chamada "electrobomba". É o pedaço principal da máquina, o que poderia ter acontecido foi que a moeda entrou nessa bomba, prejudicial ou dificultando a peça, em breve evitando o movimento do eixo.*

*As máquinas de lavar possuem uma peça que se chama "eletrobomba" ela é a principal peça da máquina junto ao eixo, o que pode ter acontecido foi essa moeda ter entrado nessa bomba, danificando ou entupindo a peça, logo impedindo o movimento do eixo.*

A eletrobomba que esses estudantes se referem, trata-se de um equipamento responsável por bombear água da máquina de lavar para fora. Entretanto, não foi a situação descrita na pergunta, não abordava essa possível problemática. E mesmo se essa moeda estivesse entrado na eletrobomba, o eixo da máquina de lavar ainda estaria livre para rodar, pois esta eletrobomba é independente do motor utilizado para rodar o eixo da máquina de lavar e agitar as roupas em seu interior. Portanto, essas respostas se mostraram incorretas diante da pergunta realizada. Nesta mesma turma, houve outras duas respostas consideradas inadequadas para essa questão e serão apresentadas a seguir:

*A moeda deve ter desalinhado o eixo.*

*O eixo basicamente foi desalinhado pela moeda*

Apesar da diferença entre as vozes verbais (voz ativa e voz passiva) presente nas frases, as duas questões expressam a mesma ideia. Poderia ser uma coincidência se esses mesmos alunos não tivessem respondido as outras demais questões da mesma forma, evidenciando uma possível cópia.

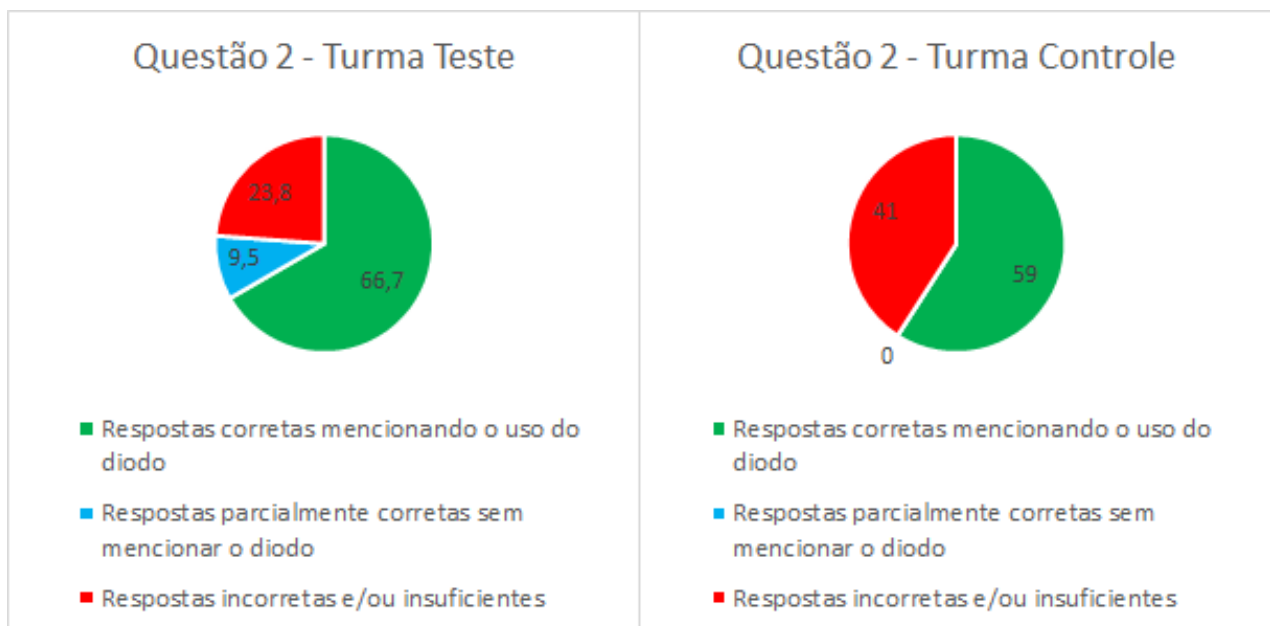
### 3.2.2 Questão 2

Nesta questão, foi perguntado sobre a solução técnica usada pelo secador de cabelo para variar sua potência de saída. Trata-se de uma situação análoga ao liquidificador de duas velocidades. Para constatar a existência da aprendizagem significativa, os alunos deveriam citar o uso do diodo para redução da potência de saída. Esta solução foi apresentada, no contexto do liquidificador, em ambas turmas. Uma resposta considerada correta seria:

*A redução de potência é realizada através do uso de um diodo. Este dispositivo eletrônico permite a passagem de corrente elétrica apenas em um sentido; caso seja inversamente polarizado, este se torna um circuito aberto. Quando este é inserido em um circuito com corrente alternada, é capaz de reduzir a potência elétrica entregue a carga, pois só permite que um semiciclo de corrente seja conduzido. Assim, o secador de cabelo ligado na posição 1 entrega um vento mais fraco e menos quente quando comparado a posição 2. Na posição 2, o motor e os resistores são ligados em tensão nominal, recebendo ambos os semiciclos de corrente,*

*desenvolvendo uma maior potência. Para realizar essa alteração, é utilizada uma chave de dois estados.*

Podemos observar pelo gráfico apresentado na Figura 14 que a turma teste teve uma quantidade maior de respostas corretas comparando com a turma controle. Isso evidencia que houve mais aprendizagem significativa na turma que teve contato com a demonstração prática com a maleta didática.



**Figura 14:** Resultados graficamente expressos acerca da questão 2 da sondagem final.

Uma resposta proveniente da turma teste se mostrou bastante interessante. Vejamos:

*Nesse tipo de circuito há uma chave seletora, que faz com que a corrente siga por dois ramos diferentes, um com diodo e outro sem diodo. Caso a velocidade seja a "1", o circuito será com diodo e por isso permitirá apenas a passagem de corrente em um dos sentidos, ou seja, um dos semiciclos da tensão, isso faz com que um dos semiciclos seja retirado e por isso a tensão eficaz (tensão capaz de gerar corrente) seja reduzida, deixando o motor mais devagar. Caso mude para a velocidade "2", o circuito selecionado é o sem diodo, onde não haverá ceifamento de nenhum semiciclo, assim a corrente eficaz não é reduzida e pode oferecer uma potência maior para a resistência. Deixando o motor em questão mais rápido.*

Nota-se que o aluno utilizou o termo “tensão eficaz”, o que mostra um rigor conceitual importante. Na explicação do conteúdo, esse termo foi utilizado pelo professor para que a explicação pudesse ser a mais correta possível.

Os alunos da turma controle produziram respostas mais simples em média. Vejamos um exemplo:

*É usado um diodo que altera a corrente que flui pela parte do circuito que movimenta o motor. Quando é fornecido menos energia, o giro do motor é lento, fazendo com que o secador sopre menos ar. Quando é liberada mais energia, sem a utilização do diodo, o motor acelera, puxando mais ar e aumentando a temperatura.*

Na turma teste, os mesmos alunos que mencionaram o desalinhamento do eixo do motor na questão passada, responderam à essa questão da seguinte forma:

*Isso porque ele contém receptores elétricos.*

*Deve ser por que eles contém receptores elétricos.*

Essas respostas revelam a ausência de aprendizagem. Não é possível constatar nem aprendizagem mecânica, tendo em vista a incoerência evidente das respostas.

Os que mencionaram o termo “electro bomba” na questão anterior, responderam da seguinte maneira:

*Um motor de corrente contínua só precisa apenas de uma mudança de tensão para que possamos variar a sua velocidade, e é isso que acontece com o secador de cabelo quando mudamos a posição do botão do secador de cabelo por exemplo.*

*Um motor atual contínuo só precisa de uma mudança de tensão para que possamos variar sua velocidade, e é isso que acontece com o secador de cabelo quando alteramos a posição do botão de velocidade.*

*No motor de corrente contínua temos que mudara tensão para mudar a velocidade, e é a mesma coisa no secador de cabelo quando se aperta os botões para ajustar.*

Foram consideradas como incorretas e/ou insuficientes, colaborando para a fatia vermelha do gráfico. As respostas deixam perceptível um possível compartilhamento de respostas.

Ainda assim, o resultado em geral de ambas as turmas foi satisfatório. Se compararmos à sondagem inicial, é notável uma progressão importante nos estudantes. Interessante notar também que a turma que assistiu às demonstrações práticas teve um desempenho ligeiramente superior, corroborando o importante papel das atividades práticas no processo de ensino-aprendizagem citados em Wieman, C. & Perkins, K. (2005) em “*Transforming Physics Education*”, também é mostrado como a participação interativa com simulações e jogos no aprendizado em Squire, K, Barnett, M. et al (2004).

### 3.2.3 Questão 3

Essa questão abordou o campo magnético residual que pode perdurar em determinados materiais, principalmente nos ferromagnéticos. Dessa vez, esse assunto foi contextualizado no âmbito da bússola, vejamos:

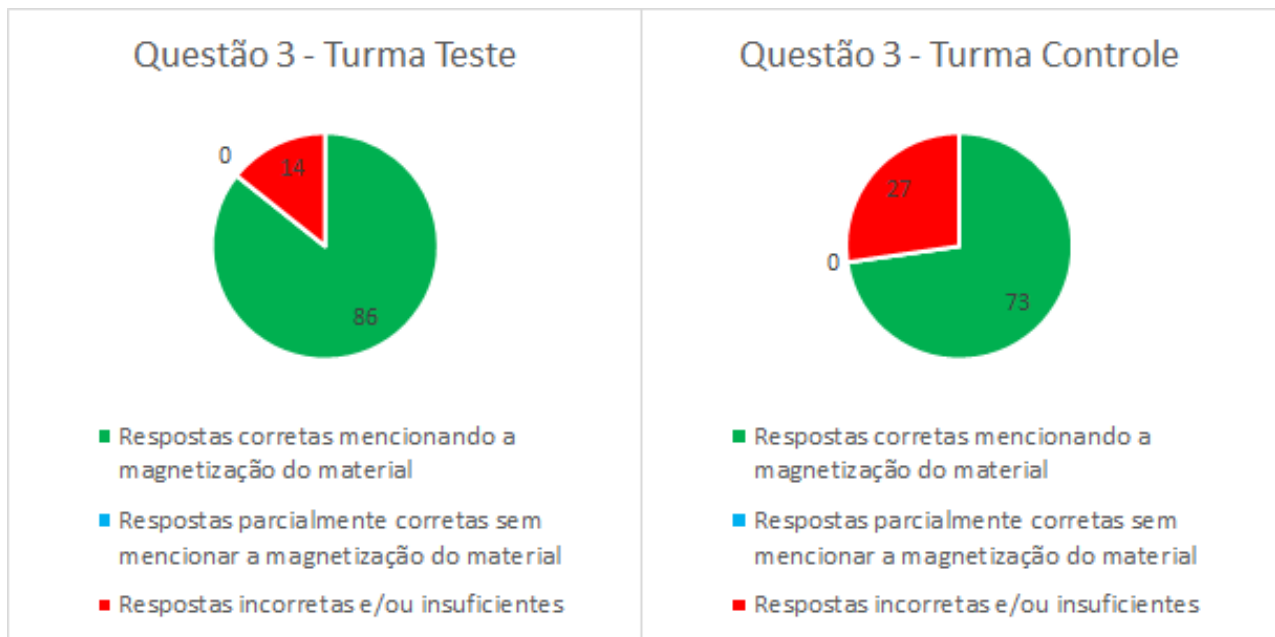
*A agulha da bússola analógica é capaz de se alinhar com o campo magnético da Terra, pois esta é imantada. Mesmo rotacionando o instrumento, a agulha continua com a tendência de apontar à direção magnética. João resolveu substituir esta agulha da bússola por*

*uma outra haste metálica do mesmo tamanho, massa e material. Entretanto, João percebeu que essa haste não era capaz de se alinhar com o campo magnético terrestre. Esta se encontrava em uma situação inerte independentemente da posição do instrumento. Explique a João qual seria a diferença da agulha original da bússola e a haste metálica que ele substituiu.*

Esperou-se que os alunos conseguissem responder de forma correta mencionando a magnetização do material. Uma resposta ideal seria:

*A diferença é que a haste metálica que substituiu a agulha da bússola não era imantada, ou seja, o campo magnético residual era nulo. Para que haja o alinhamento entre a agulha e o campo magnético terrestre, é imprescindível que a agulha seja magnetizada.*

Os resultados dessa questão estão apresentados na Figura 15. Podemos observar que a turma teste, mais uma vez, teve um desempenho superior a turma controle.



**Figura 15:** Resultados graficamente expressos acerca da questão 3 da sondagem final.

Uma resposta, proveniente da turma teste, se mostrou proeminente. Vejamos:

*Isso ocorre porque a agulha da bússola está imantada, ou seja, seus domínios magnéticos estão orientados no mesmo sentido, fazendo com que ela tenha um campo magnético, que por sua vez interage com o da terra e faz com que a bússola funcione. Mas no caso da haste de mesmo tamanho, material e massa, não houve uma imantação e por isso os domínios magnéticos estão desorganizados, fazendo com que ela não tenha campo magnético e por isso não interage com o campo da terra.*

Outra resposta, da turma controle, também se mostrou interessante:

*A agulha da bússola original é uma agulha magnetizada já a haste metálica que ele pegou não, pois a agulha magnetizada sempre aponta para o polo norte magnetizado da terra. A agulha da bússola é um pequeno ímã.*

As respostas consideradas incorretas e/ou insuficientes foram menos numerosas em relação a sondagem inicial. Vejamos um exemplo proveniente da turmateste:

*Considerando que a agulha que João colocou no lugar da original tenha o mesmo tamanho, massa e material, é possível que seu formato esteja alterado. Uma bússola precisa de uma agulha pontiaguda para que execute a sua função corretamente.*

Podemos perceber nessa questão uma interpretação equivocada do fenômeno. A agulha não precisa necessariamente pontiaguda para apontar para o campo magnético terrestre. A condição *sine qua non* para que a agulha seja capaz de se alinhar com o campo magnético é que ela seja magnetizada, preferencialmente na mesma direção de seu comprimento.

### 3.2.4 Questão 4

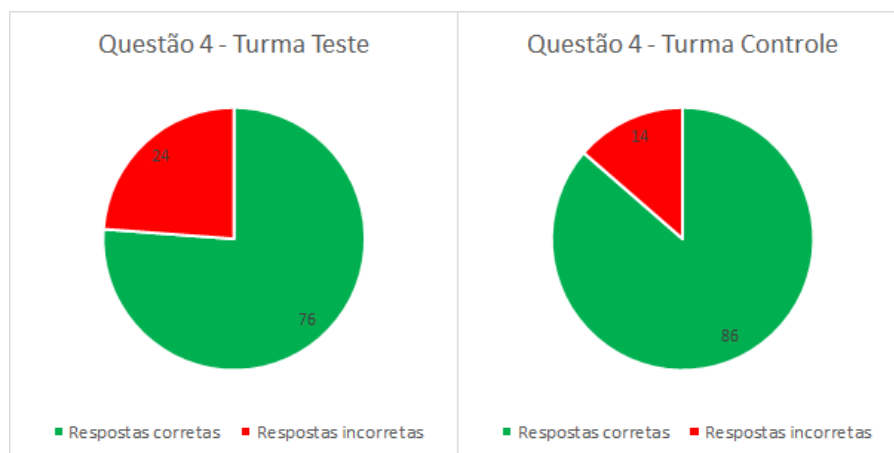
Essa questão abordou o conteúdo da lei de indução eletromagnética de Faraday no contexto do motor de corrente contínua. A alternativa correta da questão é:

*Quando o campo magnético presente no núcleo magnético do motor é constante no tempo, não há indução eletromagnética, portanto, o motor esquenta relativamente menos.*

Nessa questão, podemos encontrar um resultado imprevisto. A turma controle teve um desempenho superior à turma teste, conforme apresentado na Figura 16.

Pode ser que este assunto tenha ficado bastante claro para a turma controle, mesmo não assistindo as demonstrações práticas, mas um fato importante há de ser analisado. Todos os alunos da turma teste que erraram essa questão, são os mesmos que responderam utilizando o termo “electro bomba” e o desalinhamento do motor nas questões passadas. Tendo em vista essa e outras respostas apresentadas nas questões, esses alunos foram questionados acerca da dificuldade apresentada na aprendizagem deste conteúdo. Todos responderam de forma sincera que não assistiram às aulas e que entregaram qualquer resposta a fim de não ficarem com pendências no *Google Classroom*.

Os alunos foram aconselhados a assistirem as aulas passadas que ficaram gravadas e disponibilizadas na sala virtual.



**Figura 16:** Resultados graficamente expressos acerca da questão 4 da sondagem final.

#### 4 Considerações finais

Como primeira aproximação do sentido de resgatar subsunçores sobre os conceitos relevantes, a maior parte dos alunos externalizou seus conhecimentos prévios sobre os assuntos do eletromagnetismo. Comparando as duas turmas, pode-se dizer que elas tiveram um desempenho similar nas questões. Na primeira e na última questões, os resultados foram muito similares. Na questão 2, a turma controle teve um desempenho melhor e na outra questão, a turma teste foi superior. Isso mostra que as duas turmas estavam em um nível próximo antes da aplicação da sequência didática. Caso tivéssemos um resultado díspare, o delineamento quase experimental se tornaria inadequado nesta pesquisa. As duas turmas, apesar de serem turmas de cursos técnicos distintos, tiveram um mesmo conteúdo no ano anterior em relação a eletromagnetismo. Na sondagem final, é possível notar uma certa diferença em relação às respostas. O desempenho foi avaliado pela habilidade de extrapolação dos alunos em se de parar com uma situação diferente. Esperou-se que eles pudessem resgatar o subsunçor melhor elaborado e responder corretamente as questões. A turma teste, que teve a sequência didática com o produto educacional, apresentou melhor desempenho na maioria das questões.

A demonstração prática proporcionada pela maleta didática pode ter colaborado na assimilação dos conteúdos pelos estudantes, promovendo maior interesse em relação ao tema.

Ao tornar o conhecimento científico mais acessível e compreensível para diversos estratos da sociedade, cria-se uma plataforma de igualdade de oportunidades educacionais. Essa democratização do saber não apenas elimina barreiras entre grupos socioeconômicos, mas também empodera os indivíduos ao oferecer ferramentas para compreender e participar ativamente nas transformações tecnológicas e científicas em curso. Ao alinhar a disseminação do conhecimento com princípios de inclusão, abre-se um caminho para uma sociedade mais equitativa e capacitada a tomar decisões informadas que impactam não só suas vidas, mas também o progresso coletivo Moreira, I. C. A (2006).

Ao término da sequência didática, os alunos elogiaram a metodologia e disseram que a abordagem prática foi a primeira que tiveram, o que é lamentável, considerando que trata-se de um curso técnico e que o caráter experimental da Física deve ser evidenciado para melhor compreensão dos fenômenos e conceitos subjacentes.

Cabe aqui salientar que as duas turmas tiveram um desempenho maior na sondagem final quando comparado à inicial, o que leva a inferir, que uma abordagem que extrapole a aula meramente narrativa e tradicional trás em si melhores condições de compreensão, captação de significados e aprendizagem.

O trabalho mostra que mesmo não tendo uma maleta didática, a utilização de eletrodomésticos no ensino da Física pode ser uma atividade cativante, tendo em vista os conhecimentos prévios desenvolvidos pelos alunos ao longo de sua vida Santos, A. B. (2008).

Para Ausubel (1968), deve existir uma intencionalidade do aluno para a aprendizagem. Contudo, as atividades propostas escolhidas pelo professor para promover aprendizagem significativa dos alunos podem agregar aos conceitos prévios novos significados, facilitando a reelaboração de subsunçores, tornando-os mais estáveis e robustos.

#### Referências

Ausubel, D.P. (1968). *Educational psychology: a cognitive view*. Holt, Rinehart and Winston: New York.



- Agarwal, P. D. (1959) "Eddy-current losses in solid and laminated iron," in *Transactions of the American Institute of Electrical Engineers, Part I: Communication and Electronics*, vol. 78, no. 2, pp. 169-181.
- Boylestad RL, Nashelsky L, (2013). Pearson Education do Brasil, 11ª edição.
- Chapman S.J., (2013) *Fundamentos de Máquinas Elétricas* AMGH Editora, Porto Alegre, v. 1.
- Crouch, C. H., Fagen, A. P., Callan, J. P., e Mazur, E., (2004). *Classroom demonstrations: Learning tools or entertainment?*, *American Journal of Physics* 72, 835.
- Hayt W.H. e Buck, J.A. (2010) "Eletromagnetismo", AMGH Editora, Porto Alegre v.1, 260-263.
- Mayer, R.E. (2002). "Teaching for meaningful learning." Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall.
- Moreira, I. C. A inclusão social e a popularização da ciência e tecnologia no Brasil. *Inclusão Social*, v. 1, n. 2, p. 7-8, 2006.
- Magtaan, J. "DC Motor" Disponível em: <https://c15580367roboblog.wordpress.com/2021/11/28/dc-motor/>.
- Santos, M.A., Maionchi, D.O. (2021). Maleta Didática Máquina de corrente contínua no ensino do eletromagnetismo para o nível médio, *Rev. Bras. Ensino Fís* 43.
- Stojilovic N and Isaacs D E (2018) "Resistance of a digital voltmeter: teaching creative thinking through an inquiry-based lab" *Phys. Educ.* 53.
- Squire, K., Barnett, M., Grant, J. M., & Higginbotham, T. (2004). "Electromagnetism Supercharged! Learning Physics with Digital Simulation Games". *International Conference of the Learning Sciences 2004: Embracing Diversity in the Learning Sciences* (pp. 513-520).
- Santana, S. L. C. (2011) *Utilização e Gestão de Laboratórios Escolares*. Dissertação (mestrado). Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde. Universidade Federal de Santa Maria.
- Santos, A. B. (2008) Aulas práticas e a motivação dos estudantes de ensino médio. In: XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física. Anais. Curitiba: SBF.

## 5 Apêndice

### 5.1 Sondagem Inicial

A sondagem inicial contou com algumas questões possivelmente próximas do cotidiano do aluno. Desta forma, foi possível investigar os conhecimentos prévios que posteriormente foram utilizados como subsunçores para os assuntos trabalhados com a sequência didática. As respostas entregues foram debatidas e exploradas nas aulas.

#### Questão 1:

Existem diversas receitas que podem ser feitas no liquidificador. São sucos, molhos, cremes, sobremesas e várias outras. O bolo de cenoura, muito comum no Brasil, frequentemente usa liquidificador no seu processo de fabricação. A cenoura é processada junto com outros ingredientes e essa mistura é levada ao forno. Dona Maria decidiu fazer duas receitas do bolo e adicionou o dobro de cenoura dentro do liquidificador. No momento que ela ligou, percebeu que o motor rodava com muita dificuldade. O motor apresentou um ruído incomum e o eixo das lâminas rodava devagar.

Se dona Maria tivesse deixado o liquidificador ligado operando com essa dificuldade, o que aconteceria com o motor?

#### Questão 2:

Os liquidificadores mais simples possuem duas velocidades de rotação. Tendo em vista que a tensão da tomada é praticamente constante, como é possível alterar essa velocidade?

#### Questão 3:

É comum deixar um ímã dentro da caixa de ferramentas, próximo à chave de fenda e/ou phillips, por quê?

#### Questão 4:

A máquina de corrente contínua pode também ser ligada em corrente alternada em algumas situações, porém, é possível notar um aquecimento maior no seu núcleo magnético comparado ao funcionamento em corrente contínua. Por que isso acontece?

- A corrente alternada promove uma vibração mais forte no motor e esse fato implica em um maior aquecimento.
- O aquecimento acontece apenas pela ação do atrito e da ventilação forçada.
- Em corrente alternada, o campo magnético estabelecido dentro do circuito magnético será variante no tempo, desta forma, induzirá correntes parasitas no núcleo, causando aquecimento.

- d) A corrente elétrica no enrolamento de armadura de campo não estão em fase, portanto, o torque induzido será prejudicado resultando em aquecimento.

## 5.2 Sondagem Final

As questões apresentadas na sondagem final são ligeiramente distintas das anteriores da sondagem inicial, mas envolvem a análise dos mesmos conceitos.

### Questão 1:

Dona Maria colocou uma roupa para bater em sua máquina de lavar estilo "tanquinho" e foi ao mercado comprar mantimentos. Cabe salientar que esta máquina de lavar operava com um motor de corrente contínua. Ao voltar, percebeu que o ciclo da máquina não estava finalizado, porém o motor não estava ligado e nem fazia nenhum tipo de ruído. Ela retirou as roupas de dentro da máquina e constatou que havia uma moeda de 25 centavos emperrada entre o eixo e o tambor do tanquinho. Dona Maria tentou movimentar o eixo, mas não teve êxito. Explique o que pode ter acontecido com o motor.

### Questão 2:

Um secador de cabelo comum possui duas velocidades de operação. Na posição "1", este fornece um vento menos rápido e menos quente quando comparamos com a posição "2". Considerando que este secador de cabelo opera com um motor de corrente contínua e resistores elétricos, explique como é feita essa redução de potência desenvolvida por este eletrodoméstico tendo em vista que o mesmo fica submetido a mesma tensão elétrica.

### Questão 3:

A agulha da bússola analógica é capaz de se alinhar com o campo magnético da Terra, pois esta é imantada. Mesmo rotacionando o instrumento, a agulha continua com a tendência de apontar à direção magnética. João resolveu substituir esta agulha da bússola por uma outra haste metálica do mesmo tamanho, massa e material. Entretanto, João percebeu que essa haste não é capaz de se alinhar com o campo magnético terrestre. Esta se encontrava em uma situação inerte independentemente da posição do instrumento. Explique a João qual seria a diferença da agulha original da bússola e a haste metálica que ele substituiu.

### Questão 4:

A máquina de corrente contínua presente na maleta didática tem seu núcleo magnético laminado. Essa laminação serve para reduzir a intensidade das correntes parasitas geradas quando o motor é ligado em corrente alternada. Assim, é possível reduzir seu aquecimento e aumentar sua eficiência. Quando o motor de corrente contínua, em excitação série, é ligado através de uma fonte de tensão contínua, esse aquecimento no núcleo é pouco expressivo relativamente. Assinale a alternativa correta.

- a) Em corrente contínua, a ventilação forçada do motor fica mais intensa, removendo mais calor e reduzindo sua temperatura.

- b) A corrente contínua alinha os domínios magnéticos presentes no material e isso faz com que o motor dissipe menos calor.
- c) Em corrente alternada, o campo magnético estabelecido dentro do circuito magnético será constante no tempo, desta forma, induzirá correntes parasitas no núcleo, causando aquecimento.
- d) Quando o campo magnético presente no núcleo magnético do motor é constante no tempo, não há indução eletromagnética, portanto, o motor esquenta relativamente menos.