

SIMULAÇÃO E GUIA POE: UMA ESTRATÉGIA PARA O ENSINO DE ACIONAMENTOS ELÉTRICOS

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2023.4174

Matheus da Silveira - matheus.silveira@ifmt.edu.br
Instituto Federal de Mato Grosso

Maria Claudete Schorr - mclaudetesw@univates.br
Universidade do Vale do Taquari Univates

Márcia Jussara Hepp Rehfeldt - mreinfeldt@univates.br
Universidade do Vale do Taquari UNIVATES

Resumo: *O uso de simuladores tem se tornado imprescindível na área do ensino, sobretudo em disciplinas relacionadas a eletricidade, pois permite aos alunos testar livremente suas ideias e verificar se os circuitos elétricos funcionam corretamente, algo que na prática é restrito, haja vista que uma ideia incorreta pode danificar dispositivos elétricos e colocar a saúde do aluno em risco. Porém, é interessante que o uso dos simuladores seja amparado por uma metodologia de ensino, que de fato, instigue os alunos a fazer um bom uso desta ferramenta tecnológica. Neste contexto, este trabalho apresenta resultados de uma intervenção pedagógica, realizada na disciplina de Acionamentos Elétricos, na qual foi utilizado o software de simulação CADeSIMU sob a perspectiva da metodologia POE, para o estudo dos métodos de partida de motores de indução trifásicos.*

Palavras-chave: *Acionamentos elétricos, simulador, CADeSIMU, metodologia POE*

SIMULAÇÃO E GUIA POE: UMA ESTRATÉGIA PARA O ENSINO DE ACIONAMENTOS ELÉTRICOS

1 INTRODUÇÃO

Dados da Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2021), que demonstram o percentual de consumo de energia elétrica no Brasil por setores, apontam que o setor industrial é responsável pelo consumo de, aproximadamente, 37% de toda a eletricidade no Brasil, e neste setor, grande parte do consumo se deve aos motores elétricos, que representam, aproximadamente, 69% de toda a eletricidade consumida nas indústrias brasileiras (PROCEL, 2009). Garcia (2003) afirma que os Motores de Indução Trifásicos (MIT) representam mais de 75% dos motores elétricos existentes no Brasil. De posse destas informações, percebe-se a relevância dos motores elétricos, sobretudo os MIT, na área da eletricidade, pois é a carga elétrica predominante em todos os cenários. Por isso, é necessário que o profissional que atua nesta área tenha como uma das características do seu perfil, conhecimentos técnicos relativos aos métodos de acionamento para o MIT.

Para que este profissional, durante sua formação, tenha os conhecimentos necessários expressos acima, os Projetos Pedagógicos dos Cursos (PPC) de nível médio e superior na área da Engenharia Elétrica preveem a disciplina de "Acionamentos Elétricos", cujos conteúdos presentes na ementa destacam os métodos de acionamento dos MIT. Esta disciplina tem caráter prático, isto é, após a explicação e a elaboração do diagrama do método para acionar o MIT, realiza-se a montagem do método no laboratório, por meio de bancada didática, com dispositivos, cabos elétricos e o MIT. Geralmente, surgem dúvidas no momento destas práticas, sobretudo, nos primeiros métodos de acionamentos, pois os alunos ainda não desenvolveram a capacidade de simular mentalmente os circuitos elétricos ali presentes, o que se desenvolve com o desenrolar das práticas. Então, esta mudança de ambiente, da teoria à prática, é um momento crítico para os alunos desta disciplina. Outro aspecto interessante a ressaltar da prática em acionamentos elétricos é o fato de os alunos ficarem expostos a eletricidade, necessitando, assim, da supervisão do docente, o que tira a autonomia do estudante para testar livremente suas ideias, pois uma ideia incorreta, neste caso, pode danificar dispositivos e motores do laboratório e até pôr em risco a saúde do aluno.

Uma alternativa proposta para preencher a aparente lacuna existente entre a teoria e a prática desta disciplina, é a utilização de um software de simulação. Assim, é possível, após a teoria, demonstrar aos alunos o passo a passo de como deve ocorrer a prática e, de fato, fazer com que vejam os contatos elétricos dos dispositivos "abrindo e fechando" e, conseqüentemente, ligando e desligando o motor. Além disso, na simulação, os estudantes têm a liberdade de testarem os diagramas que desenvolvem, pois, a maior implicação que pode ocorrer é o simulador exibir na tela que não funcionou devido a conexões incorretas. Importante destacar também, que, ao longo de 2020 e 2021, com as aulas presenciais suspensas devido à COVID-19, a necessidade do uso de software de simulação foi potencializada nesta e em outras disciplinas, para tentar suprir as carências das aulas práticas em laboratório.

Entretanto, é interessante que o uso do software de simulação como instrumento de ensino, seja aplicado seguindo procedimentos metodológicos que, de fato, instiguem os estudantes a pensarem na resolução dos problemas envolvidos na aula e propostos pelo

professor. A metodologia POE (do inglês - Predizer, Observar e Explicar) vai ao encontro disso, pois trabalha com a contraintuitividade e com o conflito cognitivo, permitindo que o aluno construa o seu raciocínio por meio da observação (FIDELIS *et al.*, 2019).

Neste contexto, este artigo apresenta os resultados de uma intervenção pedagógica realizada com alunos da disciplina de Acionamentos Elétricos do Curso Técnico de Nível Médio em Eletrotécnica Integrado (CTNMEI). Estes alunos tiveram o ensino dos métodos de partida por meio do software de simulação CADeSIMU orientado por guias POE. Para isso, será exposto neste trabalho os principais fundamentos teóricos que englobaram a pesquisa, a metodologia utilizada para obtenção dos dados, a descrição das atividades desenvolvidas em um dos métodos de partida e, por fim, a percepção dos alunos quanto a esta estratégia aplicada.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção, discorre-se brevemente sobre as tecnologias no Ensino, a disciplina de Acionamentos Elétricos, o software de simulação CADeSIMU e, ao final, é apresentada a metodologia POE.

2.1 Tecnologias no Ensino

De acordo com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), as tecnologias e os recursos digitais devem estar cada vez mais inseridos nos ambientes escolares, de forma a “promover a alfabetização e o letramento digital, tornando acessíveis as tecnologias e as informações que circulam nos meios digitais e oportunizando a inclusão digital” (BRASIL, 2022b, texto digital). Ainda, segundo a BNCC, as Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDICs) alteraram significativamente as formas de trabalho, de comunicação, de relacionamento e de aprendizagem.

Segundo Dullius *et al.* (2016), jogos digitais, simuladores e modelagem computacional são tecnologias digitais que podem ser implementadas em sala de aula. Mendes (2014, p. 31) entende que “o software pode preencher as lacunas deixadas pela falta da visualização de fenômenos em uma aula inteiramente expositiva e tradicional, promovendo ao estudante um ensino interativo e participativo”. Desta forma, softwares de simulação podem vir a suprir a lacuna existente entre a teoria e a prática, sendo um instrumento de ensino intermediário entre estes dois momentos

2.2 Acionamentos Elétricos

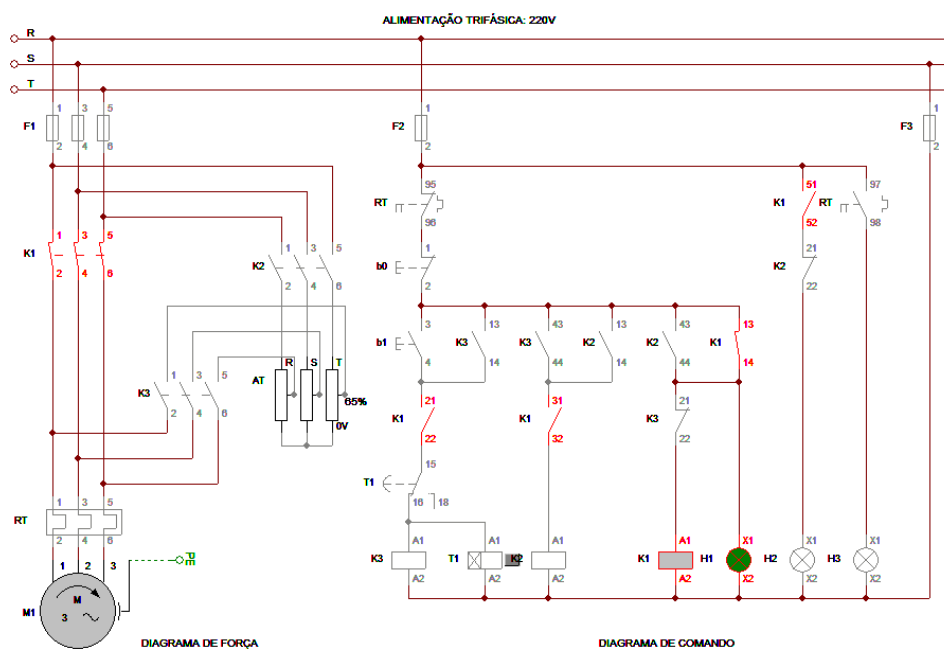
Em Acionamentos Elétricos, são estudadas as técnicas para acionar (ligar/controlar) máquinas elétricas, por meio de dispositivos de proteção, comando, sinalização e conexões elétricas, além dos dispositivos eletrônicos de partida (FRANCHI, 2014). Estas técnicas são denominadas de métodos de partida, chaves de partida ou, ainda, métodos de acionamentos. Para cada um dos métodos, há o diagrama de comando e o diagrama de força. Os métodos abordados na intervenção pedagógica foram a partida direta, estrela-triângulo e chave-compensadora. Neste artigo será apresentado, especificamente, a partida chave-compensadora.

Esta partida tem o objetivo de suavizar a corrente do MIT no instante da partida. Para isso, no instante inicial, o MIT é alimentado com tensão reduzida por meio de um autotransformador (NASCIMENTO, 2018). A Figura 1 apresenta os diagramas desta partida, elaborados no software de simulação CADeSIMU, conforme o apresentado por Franchi (2014) e Nascimento (2018), com adaptações e modificações pontuais.

2.3 Software de Simulação CADeSIMU

O CADeSIMU é um software de simulação que permite ao usuário desenvolver diagramas de força e comando dos métodos de partida para motores elétricos e, posteriormente, verificar o funcionamento, por meio de simulação (CANALPLC, 2021). Este software dispõe de uma biblioteca com os dispositivos utilizados nos acionamentos elétricos, que são representados por meio de simbologia padronizada. A Figura 1 demonstra o diagrama da partida chave-compensadora em simulação neste software, desta forma, é possível verificar se o funcionamento dos dispositivos e o motor se comportam de forma correta.

Figura 1 – Partida chave-compensadora em simulação no CADeSIMU.



Fonte: Dos autores (2023).

Conforme Filho *et al.* (2017), em modo de simulação, é possível visualizar o estado de cada dispositivo elétrico, além de destacar os condutores submetidos à tensão elétrica e à passagem da corrente elétrica. Caso o diagrama não funcione da forma esperada, consegue-se encontrar rapidamente o erro e realizar os devidos ajustes. Ainda, vale salientar que alguns erros são emitidos em forma de mensagem pelo software, principalmente, se, no diagrama, houver algum ponto provocando um curto-circuito.

2.4 Metodologia POE

POE é a sigla das palavras em inglês *predict, observe e explain*, traduzidas para o português como prever, observar e explicar (OLIVEIRA, 2003). Segundo este autor, o método POE foi proposto por Nedelsky (1961) e por White e Gunstone (1992). Santos e Sasaki (2015) esclarecem que o POE foi gerado como um instrumento de avaliação formativa, que demanda a demonstração simultânea de um experimento por parte do professor, em aulas teóricas. Os mesmos autores ressaltam que o método tem sido aplicado como estratégia de promoção da aprendizagem em física e química, além de já ter demonstrado ser um método eficiente no ensino, por meio das simulações computacionais. Schwahn e Oaigen (2008) acrescentam que o método é utilizado em

simulações computacionais, utilizando um guia de simulação elaborado com perguntas e procedimentos que permitem que o aluno realize a simulação e chegue às respostas.

Conforme Oliveira (2003), o primeiro momento da metodologia POE é o do predizer, quando o professor lança um problema em forma de desafio para os alunos, que podem estar divididos em grupos ou individualmente. Nesta etapa, os alunos utilizam os conhecimentos já adquiridos em sala de aula e escrevem livremente o que pensam a respeito das perguntas, dos desafios (SCHWAHN; OAIGEN, 2008). No segundo momento, conforme Oliveira (2003), o objetivo é fazer com que os alunos observem o fenômeno a partir da experiência feita por eles ou pelo professor. Schwahn e Oaigen (2008) ressaltam que, neste momento de observação do fenômeno, os alunos comparam o que observam com suas previsões realizadas no primeiro momento; por isso, pode haver um conflito cognitivo entre o que foi predito e o que foi observado. No terceiro e último momento, segundo Oliveira (2003), os alunos tentam explicar o fenômeno, comprovando, ou não, sua hipótese inicial.

3 METODOLOGIA

Esta pesquisa caracteriza-se, quanto à abordagem, como qualitativa, com aspectos que a aproximam de um estudo de caso. Triviños (1987, p. 128) afirma que a pesquisa qualitativa “tem o ambiente natural como fonte direta dos dados e o pesquisador como instrumento-chave”, também destaca que os pesquisadores qualitativos “[...] estão preocupados com o processo e não simplesmente com os resultados e o produto”. De acordo com Gil (2002, p. 54), o estudo de caso “consiste no estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento”.

A intervenção pedagógica desta pesquisa foi aplicada com 31 alunos matriculados na disciplina de Máquinas e Acionamentos Elétricos do CTNMEI do Instituto Federal de Mato Grosso - campus Cuiabá - Octayde Jorge da Silva (IFMT - Cuiabá). Esta etapa da pesquisa foi constituída de dez encontros, sempre após as aulas teóricas de cada método de partida. Conforme o planejado pelo guia POE, os grupos, inicialmente, respondiam perguntas sobre os diagramas, constituindo a etapa do predizer. Em seguida, elaboravam os diagramas no CADeSIMU e observavam seu funcionamento por meio da simulação, respondendo às mesmas perguntas anteriores, contemplando então, a etapa da explicação, na qual comparavam o predito com o observado. Ao concluírem o guia POE de cada método de partida, os alunos realizavam uma atividade complementar, com o objetivo de implementar novas funcionalidades aos diagramas abordados. Finalizada a intervenção pedagógica, foi aplicado um questionário para avaliar a percepção dos alunos com relação às atividades desenvolvidas com o software de simulação CADeSIMU, sob a perspectiva da Metodologia POE.

Os dados destes encontros foram coletados a partir das respostas dos guias POE, das anotações no diário de campo dos pesquisadores e das gravações de áudio. A atividade complementar teve como principal instrumento de coleta de dados o próprio software de simulação CADeSIMU, pois os diagramas desenvolvidos pelos alunos foram analisados posteriormente, para verificar se tiveram a capacidade de implementar as novas funcionalidades solicitadas nos métodos de partida. Para verificar a percepção dos alunos com relação às atividades desenvolvidas, foi aplicado um questionário de avaliação com cinco perguntas. Vale salientar que foi feito o registro de todos os encontros por meio de fotos e vídeos.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Nesta seção serão descritos o guia POE e a atividade complementar desenvolvida para o método de partida chave-compensadora. Durante a descrição serão apresentadas as respostas mais impactantes para cada pergunta do guia POE, bem como o resultado da atividade complementar. Por fim, será enfatizado a percepção geral dos alunos frente a esta estratégia de ensino, relatando as respostas mais relevantes, do ponto de vista dos professores pesquisadores. De forma a garantir o anonimato dos alunos envolvidos na pesquisa, os mesmos foram denominados de A1, A2, A3 e, assim, sucessivamente, da mesma forma com os grupos, identificados como G1, G2, G3, e, assim por diante. Os diálogos e as respostas escritas pelos alunos e grupos durante os encontros são evidenciados com o texto na forma itálica.

4.1 Guia POE

Inicialmente foi entregue a todos os grupos o guia POE da partida chave-compensadora, nele constavam os procedimentos necessários para a simulação no CAdESIMU deste método de acionamento. Todos os grupos elaboraram o diagrama de força e comando conforme constava no guia, semelhante ao da Figura 1. Ao finalizarem a elaboração, os grupos responderam os predizeres, e somente após isso, puderam simular para observar e explicar. A primeira questão deste guia está representada a seguir pelo Quadro 1, ela, assim como as demais questões deste guia, foi estruturada conforme a metodologia POE. Este quadro (Quadro1) também apresenta as respostas do grupo G9 na etapa do predizer e explicar.

Quadro 1 - Questão a) do guia POE da partida chave-compensadora com as respostas do grupo G9.

Ao pressionar b1, qual sequência de eventos ocorre para que M1 seja acionado pela partida chave-compensadora, ou seja, qual a sequência de acionamentos dos contatores?
Predizer: <i>“Quando o b1 for pressionado, K3 e K2 serão acionados e ligando o motor a 143V e depois de 5s desligará K3 e ligará K1 e assim desligará K2.”</i>
Observar: Simule, pressione b1, observe o comportamento dos contatores no diagrama de força e responda à pergunta novamente. Dica: diminua a velocidade de simulação do software.
Explicar, após observar no simulador: <i>“Após pressionar b1, K3 e K2 foi acionado, após 5 segundos, K3 desligou e K1 foi acionado e logo após K2 também desligou, deixando apenas K1 ligado.”</i>

Fonte: Dos autores (2023).

Esta primeira questão tinha o objetivo de saber qual a sequência de acionamento dos contatores, desde o instante de partida até o regime permanente. O grupo G9, na etapa do predizer, conseguiu responder corretamente, pois afirmou que, após pressionar b1, *“[...] K3 e K2 serão acionados, ligando o motor a 143V e depois de 5s desliga K3 e ligará K1 assim desliga K2”*. Ao observarem no simulador, conforme constava no guia, este grupo apenas confirmou o que haviam predito, reescrevendo o afirmado acima. Na orientação do guia para a simulação, foi deixado como recomendação que diminuíssem a velocidade de simulação do CAdESIMU, um recurso interessante deste software, pois a comutação dos contatores em tempo real é muito rápida, o que poderia dificultar a verificação correta da sequência de acionamento dos contatores, mas ao diminuir a velocidade de simulação, se tornou possível visualizar lentamente a mudança do estado de cada contator, contribuindo assim para a resposta correta desta questão. Além de conseguir predizer corretamente, chamou a atenção, o fato deste grupo afirmar que no instante de partida, a tensão que estará sendo aplicada no motor, será de 143V, o que é correto, tendo em vista que esta é a tensão do autotransformador no TAP 65% para uma rede de 220V.

Na questão seguinte, desejava-se saber dos grupos, a interpretação dos contatos de intertravamento, e qual a necessidade de usar eles. É interessante mostrar aos grupos que estes contatos podem estar em diferentes localizações no diagrama de comando, e intertravando dois ou mais contatores. O Quadro 2 mostra esta pergunta e também as respostas do grupo G8.

Quadro 2 - Questão b) do guia POE da partida chave-compensadora com as respostas do grupo G8.

Qual a função que os contatos 21-22 e 31-32 de K1 e 21-22 de K3 estão exercendo no diagrama de comando? O que ocorre se estes contatos forem retirados do diagrama de comando?
Predizer: "Os contatos 21-22 e 31-32 estão fazendo a função de intertravamento, para a bobina de K3 e K2. Se eles forem tirados haverá curto-circuito."
Observar: Simule, pressione b1, observe o comportamento dos contatos 21-22 e 31-32 de K1 e 21-22 de K3 e responda à pergunta novamente. Após isso, retire os contatos 21-22 e 31-32 de K1 e 21-22 de K3, simule, pressione b1 e responda a segunda parte da pergunta.
Explicar, após observar no simulador: "A função de intertravamento. Ao pressionar b1, K1, K2 e K3 serão acionados, isso é um problema, porque no motor estará chegando 143V e 220V."

Fonte: Dos autores (2023).

Na etapa do predizer, este grupo afirmou corretamente que a função destes contatos é a de intertravamento, e que se forem retirados haverá curto-circuito. Após simularem e observarem, esse grupo além de confirmar o predito, explicou que no motor irão chegar dois níveis de tensão, 143V e 220V, um ponto interessante notado por este grupo, já que sem os contatos de intertravamento, K1, K2 e K3 serão acionados simultaneamente, e desta forma estarão chegando no motor a tensão pelo autotransformador (143V) e a tensão direta da rede (220V), é justamente essa situação que provoca o curto-circuito. Por ter os fusíveis no diagrama de força, esta situação será rápida, pois os mesmos irão atuar, e isto foi percebido pelo grupo durante a observação no CADeSIMU. A situação gerada nesta questão representaria, na prática, algo perigoso, enquanto que no software de simulação não há riscos, vindo ao encontro do que Moran (2000, p. 98) afirma, segundo este autor, as simulações "[...] possibilitam a apresentação de fenômenos, experiências e a vivência de situações difíceis ou até perigosas de maneira simulada".

Nas próximas questões, desejava-se que os grupos tivessem a capacidade de analisar quais contatores eram responsáveis por alimentar o motor pelo autotransformador (questão c) e diretamente pela rede (questão d). Além disso, desejava-se também, que, os grupos afirmassem o que era necessário ocorrer no diagrama de comando para que estes contatores fossem acionados. O Quadro 3 mostra a questão c) e também as respostas do grupo G10 a ela. Este grupo, na etapa do predizer, respondeu corretamente, pois afirmou que são os contatores K3 e K2 os responsáveis por alimentar o motor pelo autotransformador, e que para eles serem acionados, é necessário pressionar a botoeira b1, para que assim energize a bobina de K3 e, em seguida, a bobina de K2. Na explicação, este grupo reescreveu a resposta confirmando o que haviam predito.

Quadro 3 - Questão c) do guia POE da partida chave-compensadora com as respostas do grupo G10.

Quais contatores são responsáveis por alimentar M1 pelo Autotransformador? O que é necessário ocorrer no diagrama de comando para que eles sejam acionados?
Predizer: "K3 e K2, pressionar b1 para que energize a bobina de K3 para que o contato de K3 43-44 feche e energize a bobina de K2."
Observar: Simule, pressione b1, observe o comportamento do diagrama de força e comando e responda à pergunta novamente.
Explicar, após observar no simulador: "K3 e K2. Energizando K3 para que o NA de K3, 43-44 feche e assim energize K2 e assim ligue o motor pelo autotransformador"

Fonte: Dos autores (2023).

Na questão d), o grupo G9, na etapa do predizer, afirmou corretamente que o contato responsável por alimentar o motor diretamente pela rede é o K1, e que para ele ser acionado é preciso pressionar b1 e aguardar 5 segundos. Novamente, na explicação, este grupo também confirma o que havia predito, porém, com mais detalhes, possibilitado pela observação no simulador. Este grupo explica que K1 é o responsável por alimentar o motor diretamente pela rede, porém, explicam todo o funcionamento da partida, na qual ocorre primeiramente o acionamento de K3, o começo da temporização, e o acionamento de K2, ao final da temporização (5 segundos), K3 é desligado, K1 acionado e K2 desligado, nesta ordem, ficando o motor diretamente alimentado pela rede. Esta descrição bem detalhada e de forma sequencial, realizada por este grupo, foi auxiliada pela velocidade lenta da simulação, o que potencializou uma explicação interessante do funcionamento dos diagramas de força e comando da chave-compensadora. Esta questão e as respostas do grupo G9 estão representadas no Quadro 4.

Quadro 4 - Questão d) do guia POE da partida chave-compensadora com as respostas do grupo G9.

Qual contator é responsável por alimentar o motor diretamente pela rede? O que é necessário ocorrer no diagrama de comando para que ele seja acionado?
Predizer: "K1. Pressionar b1 e aguardar 5s"
Observar: Simule, pressione b1, observe o comportamento do diagrama de força e comando e responda à pergunta novamente.
Explicar, após observar no simulador: "O K1. Ao pressionar b1 será acionado K3, o temporizador e K2, após 5 segundos será desligado o K3 e energizado K1, em seguida desliga K2."

Fonte: Dos autores (2023).

As últimas questões deste guia POE tinham o objetivo de instigar os alunos para a atividade complementar, de tal forma a fazê-los pensar sobre as consequências da inversão de fases no diagrama de força. A questão e) visava demonstrar o que ocorre se a inversão de fases fosse realizada somente no ramo do autotransformador, enquanto que a questão f) visava demonstrar a inversão de fases em todo o diagrama de força. O Quadro 5 mostra a questão e) e também as respostas do grupo G6 a ela. Percebe-se que na etapa do predizer, o grupo respondeu que a inversão de fases somente em K2 irá inverter a rotação do motor, porém, após observar no simulador, explicaram que essa inversão ocorre somente na partida, ou seja, ao acionar o motor, ele irá ter o sentido anti-horário, e após a temporização, quando ficar alimentado diretamente pela rede, terá o sentido de giro horário, uma mudança brusca, que o grupo afirmou que irá forçar o motor. Assim, percebe-se que este grupo, após a simulação, conseguiu complementar sua resposta e verificar o que ocorre se a inversão de fases for realizada somente na parte do autotransformador.

Quadro 5 - Questão e) do guia POE da partida chave-compensadora com as respostas do grupo G6.

O que ocorre ao invertemos as fases R e T somente no contator K2 no diagrama de força?
Predizer: "Inverte a rotação de M1'."
Observar: No diagrama de força, modifique a fase R para o terminal 1 de K2, a fase S para o terminal 3 de K2 e a fase T para o terminal 5 de K2. Simule, observe e responda à pergunta novamente.
Explicar, após observar no simulador: "Vai mudar o sentido de rotação de M1 na partida, e após a partida ele irá mudar novamente o sentido de rotação de M1, assim forçando o motor."

Fonte: Dos autores (2023).

Para a questão f) deste guia, o grupo G4, na etapa do predizer, respondeu corretamente quando afirmou que a inversão de fases no diagrama de força, iria fazer com que o motor tivesse o seu sentido de giro "contrário", em todo o momento após sua partida. Após observarem no simulador, conforme orientações do guia, este grupo confirmou o que

havia previsto, afirmando que “[...] o M1 girou no sentido contrário de giro e permaneceu nesse seu sentido”, conforme mostra o Quadro 6.

Quadro 6 - Questão f) do guia POE da partida chave-compensadora com as respostas do grupo G4.

O que ocorrer ao invertemos as fases R e T no diagrama de força?
Predizer: “O M1 funcionará no sentido contrário de giro e permanecerá girando nesse sentido”
Observar: No diagrama de força, antes do F1, realize a inversão das fases R e T. Simule, observe e responda à pergunta novamente.
Explicar, após observar no simulador: “Conforme havíamos previsto, o M1 girou no sentido contrário de giro e permaneceu nesse sentido.”

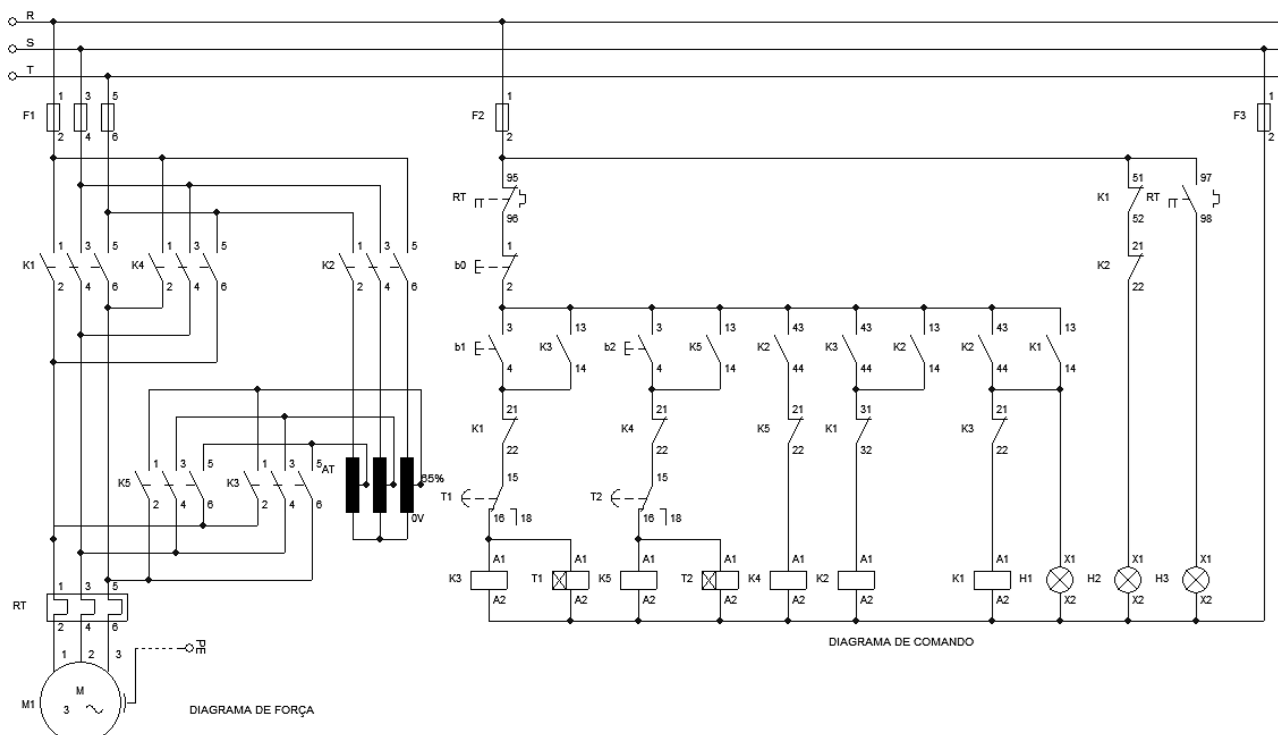
Fonte: Dos autores (2023).

Como dito anteriormente, as últimas questões do guia POE visavam instigar os grupos sobre a consequência de se inverter as fases no diagrama de força da partida chave-compensadora. Esperava-se com isso, melhorar as condições para realização da atividade complementar, proposta a todos os grupos após finalização do guia POE.

4.2 Atividade Complementar

Desejava-se, por meio desta atividade, que os grupos implementassem a possibilidade de reversão na partida chave-compensadora, ou seja, deveriam desenvolver no CAdESIMU um diagrama que permitisse ligar o motor com a opção de sentido de giro horário e anti-horário, essa escolha do sentido de rotação de M1 deveria ser feita por meio das botoeiras b1 e b2, uma para cada sentido, e b0 como desliga, além disso, teriam que garantir a segurança elétrica do diagrama, por meio de intertravamentos e dispositivos de proteção. A Figura 2 mostra os diagramas desenvolvidos pelo grupo G3 para esta atividade, este grupo foi o que deixou os diagramas mais próximos do que havia sido proposto.

Figura 2 – Diagramas desenvolvidos pelo grupo G3 para a atividade complementar.



Fonte: Dos autores (2023).

Percebe-se pela Figura 2, que no diagrama de força foram acrescentados 2 contadores, K4 para realizar a inversão de fases quando o motor for alimentado diretamente pela rede, e K5 para realizar a inversão quando o motor estiver alimentado pelo autotransformador, no instante de partida. Ao questionar o grupo se era preciso colocar novos fusíveis ou relé térmico, este grupo afirmou corretamente que não, pois os dispositivos de proteção que já existiam, serviriam também para essa nova funcionalidade (reversão), ou seja, são comuns, independente do sentido. O diagrama de comando ficou por concluir, mas este grupo conseguiu implementar corretamente a botoeira b2, o acionamento de K5 e a temporização. Porém faltou inserir alguns contatos para o acionamento de K2 e K4, mas que o grupo, ao final do tempo da atividade, ressaltou de forma correta, quais seriam estes contatos, e onde estes deveriam estar, para assim, concluir o diagrama de comando.

Vale salientar que os grupos G6, G10 e G11 conseguiram elaborar corretamente o diagrama de força, porém não conseguiram avançar para o diagrama de comando por conta do tempo destinado a esta atividade. Porém, mesmo com essa adversidade, foi percebido que, com o preparo por meio do guia POE e com o uso do CADeSIMU para colocar suas ideias nos diagramas e testá-las, o desempenho dos grupos, nesta atividade, foi satisfatório.

4.3 Percepção dos Alunos

Após a execução dos guias POE e das atividades complementares, foi realizado, um encontro que tinha como objetivo verificar a percepção dos alunos sobre as atividades que foram desenvolvidas ao longo da pesquisa. Para isto, foi entregue a todos os alunos, o questionário de avaliação, nele constavam três perguntas, na qual se objetivava saber a percepção dos alunos sobre o software de simulação CADeSIMU e o método POE, bem como a integração deles. Por último, os alunos tinham a liberdade de escrever de forma geral, críticas e/ou elogios sobre as atividades desenvolvidas. Estas perguntas estão representadas no Quadro 7.

Quadro 7 - Perguntas do questionário de avaliação da pesquisa.

Pergunta 1	O software de simulação CADeSIMU contribuiu ou não para o entendimento do funcionamento dos métodos de partida? Justifique sua resposta.
Pergunta 2	Qual foi sua impressão acerca do método de prever, observar e explicar (POE)? Justifique sua resposta.
Pergunta 3	Você gostou de usar o software de simulação CADeSIMU com o método de Prever, Observar e Explicar (POE)? Justifique sua resposta
Comentário	Sobre as atividades desenvolvidas, descreva suas críticas e/ou elogios, para que a pesquisa possa ser aperfeiçoada

Fonte: Dos autores (2023).

Ao analisar as respostas dos participantes da pesquisa à primeira pergunta, foi possível constatar que, 100% deles afirmaram que o CADeSIMU contribuiu sim para o melhor entendimento dos métodos de partida. As respostas trouxeram aspectos interessantes sobre a contribuição do software de simulação CADeSIMU no entendimento dos métodos de partida, as principais foram: a melhor preparação para as aulas práticas em laboratório, a segurança que a simulação proporciona nos testes dos diagramas e a praticidade de se elaborar os diagramas no software.

Semelhante a pergunta anterior, 100% dos alunos tiveram uma impressão positiva sobre o método POE. Entre as justificativas positivas apresentadas pelos alunos sobre o método POE, destaca-se a possibilidade de verificar se as ideias e conceitos iniciais sobre

o funcionamento dos diagramas estão corretas ou não, e assim aprender com os erros e acertos após observarem. Outros alunos afirmaram que este método estimula a pensarem mais sobre os diagramas, pois tinham, segundo eles, que “prever” ou “dar palpites” na análise inicial do diagrama. Afirmaram também que este método desenvolve o raciocínio lógico, o que é muito importante nos acionamentos elétricos. Ainda, alguns alunos afirmaram como ponto positivo, o debate de ideias com seus colegas, proporcionado principalmente na etapa do predizer.

Na terceira pergunta, assim como nas anteriores, todos os alunos avaliaram como positivamente o uso do CADeSIMU com o POE. Ao avaliar as respostas, observa-se indícios positivos com a integração do CADeSIMU e o método POE. A principal justificativa dos alunos, foi que o uso da simulação e do POE em conjunto, proporcionou um melhor preparo para a prática em laboratório, algo já justificado anteriormente, mas que reforça novamente a importância do uso da simulação por meio de uma metodologia entre a teoria e a prática. Outro aspecto que apareceu nas justificativas acima, e mostra como funcionou bem a integração, é o destacado pelo aluno A24, ele afirmou que no “[...] predizer você fala como o diagrama vai funcionar e com a simulação dá pra saber se errou e acertou”.

Ao analisar os comentários dos alunos sobre a pesquisa, foi possível perceber que, 80% deles escreveram apenas elogios, 16% fizeram elogios e críticas, e apenas um aluno fez crítica. Os elogios à pesquisa foram na linha do que se esperava, os alunos destacaram que conseguiram entender melhor os métodos de partida, quando se tem a simulação entre a teoria e a prática. Destacaram também, que, o ensino dos conteúdos da forma como foi proposto na pesquisa, foi uma das melhores experiências que já tiveram, e que uma comprovação disso foi o fato de todos os alunos da turma conseguirem alcançar a média bimestral. Como crítica, alguns alunos afirmaram que seria interessante o desenvolvimento das atividades de forma individual, e não em grupo, também afirmaram que a pesquisa deveria ter começado com maior antecedência. O Quadro 8 apresenta alguns destes elogios e críticas a esta estratégia de ensino, descritos pelos participantes da pesquisa.

Quadro 8 - Percepção de alguns alunos sobre a pesquisa.

Aluno	Comentário
A1	<i>“Eu gostei desse método pois não estava entendendo com clareza certos conteúdos da teoria direto pra prática, com a simulação consegui enxergar melhor.”</i>
A13	<i>“Eu gostei muito, me ajudou bastante, eu não estava conseguindo entender só na teoria e indo direto para prática, me deixava muito confusa, então a simulação realmente me ajudou muito e eu gostei bastante.”</i>
A25	<i>“Gostei demais da metodologia de aprendizado, uma das melhores formas que aprendi.”</i>
A26	<i>“Do meu ponto de vista, só houve benefícios, e é isso o que os resultados apontam. Pois 100% dos alunos foram aprovados nesse bimestre, pois na prática tiveram conhecimento. Só há um ponto negativo, mas não é relevante, que se trata da quantidade de computadores. Se cada aluno tivesse um computador, acrescentaria na hora de se implementar as ideias.”</i>

Fonte: Dos autores (2023).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a aplicação da pesquisa e análise dos dados, percebe-se que a utilização do CADeSIMU norteada por meio do guia POE trouxe contribuições relevantes no ensino dos métodos de partida, entre elas estão: desenvolvimento na leitura e interpretação dos diagramas de força e comando, liberdade para os alunos explorarem e testarem livremente suas ideias sem correr riscos, e melhora no senso crítico para as aulas práticas. Ainda, um aspecto que foi potencializado, sobretudo pela metodologia POE, foi a capacidade de

trabalho em equipe, pois cada guia e atividade tinham que ser executadas em grupo, dessa forma, pode-se constatar que, entre eles, havia debate de ideias e possibilidades em todas as etapas do POE. Importante ressaltar, que, a estratégia de ensino apresentada neste trabalho, pode ser aplicada também, nas disciplinas de acionamentos elétricos dos cursos de nível superior, como engenharia elétrica, engenharia de controle e automação e outros cursos que permeiam o estudo dos métodos de partida para MIT.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Universidade do Vale do Taquari - Univates pelo suporte e orientação da pesquisa, ao Instituto Federal de Mato Grosso - Campus Cuiabá (IFMT-Cuiabá) por permitir a aplicação da pesquisa no CTNMEI e, aos alunos participantes.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Educação. **Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação no contexto escolar**: possibilidades. 2022b. Disponível em: encurtador.com.br/ahR23. Acesso em: 09 de abr. de 2022.

CANALPLC. **CADeSIMU**. 2021. Disponível em: <https://canalplc.blogspot.com/p/cadesimu.html>. Acesso em: 31 de mar. de 2022.

DULLIUS, Maria Madalena; QUARTIERI, Marli Teresinha (org.). **Aproximando a Matemática e a Física por meio de recursos tecnológicos**: Ensino Médio. Lajeado: Ed. da Univates, 2016.

ELETROBRÁS. **Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso, Ano Base 2005**: Classe Residencial Relatório Brasil - Sumário Executivo. Rio de Janeiro: ELETROBRÁS; PROCEL, 2009. 187 p. (Avaliação do Mercado de Eficiência Energética no Brasil).

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanco Energético Nacional**. Rio de Janeiro: EPE. 2021. 268p.

FIDELIS, P. N. *et al.* **Uma aplicação do Método POE**: Utilizando Simulações para o Estudo de Densidade e Empuxo no Ensino Médio. X Encontro Científico de Física Aplicada, São Paulo: Blucher, 2019, p. 11-14. Disponível em: <https://encurtador.com.br/BFZ57>. Acesso em: 28 de abr. de 2022.

FILHO, E. Q. *et al.* Análise de Aprendizagem com Emprego de Simuladores Virtuais na Disciplina de Acionamentos Elétricos do Curso de Engenharia Mecatrônica do UNIT-AL. **Caderno de Graduação - Ciências Exatas e Tecnológicas - UNIT - ALAGOAS**, v. 4, n. 1, p. 13–13, 2017.

FRANCHI, Claiton Moro. **Acionamentos elétricos**. 5. ed. São Paulo: Érica, 2014.

GARCIA, Agenor Gomes Pinto. **Impacto da Lei de Eficiência Energética para Motores Elétricos no Potencial de Conservação de Energia na Indústria**. 139f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.

GIL, Antonio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

MENDES, Elys da Silva. **Modelagem Computacional e Simulações em Física usando o Software Modellus**: Uma abordagem alternativa no ensino de Cinemática. 2014. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências Exatas) - Universidade do Vale do Taquari - Univates, Lajeado, RS, 27 de nov. de 2014.

MORAN, José Manuel.; MASETO, Marcos Tarciso.; BEHRENS, Marilda Aparecida. **Novas Tecnologias e Mediação Pedagógica**. Campinas, SP: Papirus, 2000.

NASCIMENTO JUNIOR, Geraldo Carvalho do. **Máquinas Elétricas: Teoria e Ensaios**. 4. ed. - São Paulo: Erica, 2011.

NEDELSKY, Leo. **Science Teaching and Science Testing**. Chicago University Press, 1961.

OLIVEIRA, P. R. S. de. **A Construção Social do Conhecimento no Ensino-Aprendizagem de Química**. IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 4, Bauru, 2003. Anais [...] Bauru: ABRAPEC, 2003. Disponível em: <https://encurtador.com.br/suL39>. Acesso em: 30 de abr. de 2022.

SANTOS, R. J. dos; SASAKI, D. G. G. **Uma Metodologia de Aprendizagem Ativa para o Ensino de Mecânica em Educação de Jovens e Adultos**. Revista Brasileira de Ensino de Física [online]. 2015, v. 37, n. 3. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1806-11173731955>. Acesso em: 30 de abr. de 2022.

TRIVIÑOS, Augusto Nivaldo Silva. **Introdução à Pesquisa em Ciências Sociais: A Pesquisa Qualitativa em Educação**. São Paulo: Atlas, 1987.

WHITE, Richard; GUSTONE, Richard. **Probing Understanding**. The Falmer Press, 1992.

SIMULATION AND POE GUIDE: A STRATEGY FOR TEACHING ELECTRIC DRIVES

Abstract: *The use of simulators has become essential in the teaching area, especially in subjects related to electricity, as it allows students to freely test their ideas and verify that the electrical circuits work correctly, something that in practice is restricted, given that an incorrect idea can damage electrical devices and endanger the student's health. However, it is interesting that the use of simulators is supported by a teaching methodology that, in fact, encourages students to make good use of this technological tool. In this context, this work presents results of a pedagogical intervention, carried out in the discipline of electrical drives, in which the simulation software CADeSIMU was used from the perspective of the POE methodology, for the study of the starting methods of three-phase induction motors.*

Keywords: *Electric drives, simulator, CADeSIMU, methodology POE.*