



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
PERNAMBUCO
DIRETORIA DE ENSINO A DISTÂNCIA

**Aproximação entre Teoria e Prática através da Criação de um Ambiente
Experimental para a Disciplina de Proteção de Sistemas**

Creation of an Experimental Environment to near Theory and Practice of the
Systems Protection Discipline

Edson Ricardo Calado Sabino

Instituto Federal de Pernambuco – *Campus* Pesqueira | edson.sabino@pesqueira.ifpe.edu.br

Túlio Albuquerque Dias

Instituto Federal de Pernambuco – *Campus* Pesqueira | tulio.dias@pesqueira.ifpe.edu.br

José Roberto Tavares de Lima

Instituto Federal de Pernambuco – *Campus* Pesqueira | jroberto@pesqueira.ifpe.edu.br

RESUMO

Os alunos apresentam dificuldades de entender as interconexões entre os equipamentos e os parâmetros estudados nas aulas de Proteção de Sistemas Elétricos. Por outro lado, a maioria das instituições de ensino não dispõe de bancadas didáticas devido ao seu alto custo. Reconhecendo a importância das aulas práticas, o nosso objetivo é avaliar as contribuições e os impactos da aplicação de uma sequência de ensino, desenvolvida a partir de elementos da Engenharia Didática, abordando atividades em Laboratório com uma Bancada Experimental no componente curricular Proteção de Sistemas Elétricos. Foi desenvolvida uma sequência de ensino e um ambiente experimental a partir de um relé digital, de um simulador de disjuntor, de uma bancada de medidas elétricas e de um notebook, os quais permitiram o desenvolvimento de experiências que contextualizaram os conhecimentos de proteção de sistemas, ressignificando-os. A bancada desenvolvida atendeu, do ponto de vista técnico, aos objetivos que foram propostos. Os alunos, sobretudo àqueles que assistiram às aulas teóricas, demonstraram uma boa evolução na aprendizagem.

Palavras-chaves: *Engenharia Didática, Proteção de Sistemas Elétricos, Aulas Experimentais.*

ABSTRACT

Students have difficulties understanding the interconnections between the equipment and the parameters studied in Electrical Systems Protection classes. On the other hand, most educational institutions do not have didactic benches due to their high cost. Recognizing the importance of practical classes, our objective is to evaluate the contributions and impacts of applying a teaching sequence, developed from elements of Didactic Engineering, addressing activities in the Laboratory with an Experimental Bench in the curricular component Protection of Electrical Systems. A teaching sequence and an experimental environment were developed from a digital relay, a circuit breaker simulator, an electrical measurement bench and a laptop, which allowed the development of experiments that contextualized the knowledge of systems protection, giving new meaning to them. From a technical point of view, The didactic workbench developed met the proposed objectives. Students, especially those who attended the theoretical classes, showed a good evolution in learning.

Keywords: *Didactic Engineering, Protection of Electrical Systems, Experimental Classes.*

1 INTRODUÇÃO

Diante da necessidade de oportunizar atividades práticas para os estudantes dos cursos técnicos, identificamos diversas dificuldades enfrentadas pelos professores na elaboração destas aulas práticas, principalmente quando assumem a disciplina pela primeira vez.

Para docentes de componentes curriculares que contêm atividades experimentais, uma das dificuldades é a de, muitas vezes, o docente não conhecer todos os equipamentos disponíveis no laboratório, o que provoca desperdício e inatividade de certos dispositivos, além de requerer uma demanda de tempo do professor dedicado ao reconhecimento do ambiente (SATO e JÚNIOR, 2006). Outra dificuldade consiste na necessidade de desenvolver material de apoio às práticas e prepará-las para serem executadas. Uma terceira dificuldade consiste na necessidade de dedicar esforços na preparação de monitores e/ou técnicos para execução das práticas experimentais.

Dentro deste contexto, especificamente no curso Técnico de Eletrotécnica, o IFPE *Campus* Pesqueira oferta a componente curricular Proteção de Sistemas Elétricos (PSE), na qual os estudantes geralmente externam algumas dificuldades de compreensão. Uma delas se refere à complexidade para entender como os equipamentos de proteção de sistemas se relacionam entre si e o significado prático dos parâmetros ajustados nesse sistema. Outra dificuldade se refere à inexperiência dos estudantes na realização de práticas experimentais em laboratório, devido ao fato de não terem vivenciado com frequência tais atividades em outras disciplinas. Tais estudantes, em geral, possuem uma ampla formação teórica, porém demonstram insegurança e limitações em montagens e execuções práticas (DE OLIVEIRA *et al.*, 2020).

Reconhecendo tais dificuldades, nossa proposta de investigação teve como objetivo avaliar as contribuições e os impactos na aprendizagem dos alunos da aplicação de uma sequência de ensino, desenvolvida a partir de elementos da Engenharia Didática (LIMA e FERREIRA, 2020), abordando atividades em Laboratório com uma Bancada Experimental no componente curricular Proteção de Sistemas Elétricos. Como objetivos específicos, o presente trabalho buscou:

- Desenvolver um ambiente experimental de ensino de Proteção de Sistemas a partir de uma bancada de medidas elétricas.

- Elaborar guias didáticos e roteiros de ensino contendo atividades práticas e experimentais.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 A importância do equilíbrio entre a Teoria e a Prática

Um dos aspectos do ensino profissional é a reflexão sobre a dicotomia entre a importância das aulas práticas e das aulas teóricas. Recomendamos evitar a tendência de mediar o ensino aos extremos. A ausência de atividades práticas pode tornar o estudante não habilitado a ingressar em condições favoráveis no mercado de trabalho, o qual busca cada vez mais profissionais bem qualificados. A falta de experiências práticas pode formar um estudante distante das competências operacionais necessárias no ambiente profissional. Por outro lado, o excesso de atividades práticas pode levar o estudante a uma educação tecnicista, a qual prepara o aluno apenas para executar, comprometendo a sua visão e o seu entendimento mais aprofundado e a capacidade de refletir e propor mudanças no seu ambiente de trabalho.

Para Silvestre (2011), "os saberes teóricos propositivos se articulam aos saberes da prática ao mesmo tempo ressignificando-os e sendo, por sua vez, ressignificados". Saviani *et al.* (2010) destacam a importância da articulação entre a teoria e a prática, pois a prática sem a teoria desenvolve uma visão limitada e a teoria sem a prática trata-se de uma mera abstração.

A teoria é o esforço em compreender a prática e, ao compreendê-la, torná-la mais eficaz. A prática sem teoria degenera em ativismo resulta uma atividade cega, desorientada: a prática necessita da teoria. E a teoria sem a prática degenera em verbalismo. A razão de ser da teoria é a própria prática; a teoria só faz sentido na medida em que ela procura elucidar a prática, procura responder às questões postas pela prática, procura explicar, equacionar os problemas que a prática levanta (SAVIANI *et al.*, 2010, p. 219).

Há várias correntes metodológicas que valorizam a integração da teoria e da prática e promovem o aprendizado baseado em experimentação como, por exemplo, a Engenharia Didática (LIMA e FERREIRA, 2020) e a Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL - *Problem Based Learning*), em que a teoria é apresentada e testada em situação prática de forma imediata (NOEMI, 2019).

2.2 Conhecendo a Metodologia da Engenharia Didática

Inicialmente utilizada pela escola francesa da Didática da Matemática, a Engenharia Didática consiste numa metodologia de ensino que tem por objetivos a criação de situações didáticas favoráveis ao aprendizado e a criação de um referencial metodológico para análise das práticas e sequências de ensino investigadas (LIMA e FERREIRA, 2020).

A metodologia da Engenharia Didática é estruturada em quatro fases. A primeira fase da Engenharia Didática consiste na escolha de um assunto a ser ensinado e um estudo sobre como tem sido ensinado. Nessa fase é realizado um levantamento sobre as diversas maneiras de como tal assunto pode ser abordado na escola. Segundo Lima e Ferreira (2020), nessa fase é necessário prever possíveis dificuldades e obstáculos encontrados pelos estudantes durante as atividades de ensino.

A segunda fase é a Concepção e Análise a priori das Situações Didáticas, dedicada para elaborar as situações em que o aluno seja desafiado, sendo colocado diante de obstáculos cognitivos e conceituais, o que gera uma probabilidade de ocorrência de erros, os quais devem ser previstos pelo pesquisador na fase anterior (LIMA e FERREIRA, 2020).

A terceira fase é a da Experimentação, na qual os alunos são expostos à Sequência Didática elaborada. As informações a respeito da construção do aprendizado devem ser registradas pelo professor.

A quarta fase consiste na Análise a posteriori dos dados colhidos durante a experimentação e a posterior Validação através da confrontação com os resultados da Análise a priori, validando ou não as hipóteses formuladas (ALMOULOUD e DA SILVA, 2012).

2.3 Conhecendo os Fundamentos de Proteção de Sistemas Elétricos

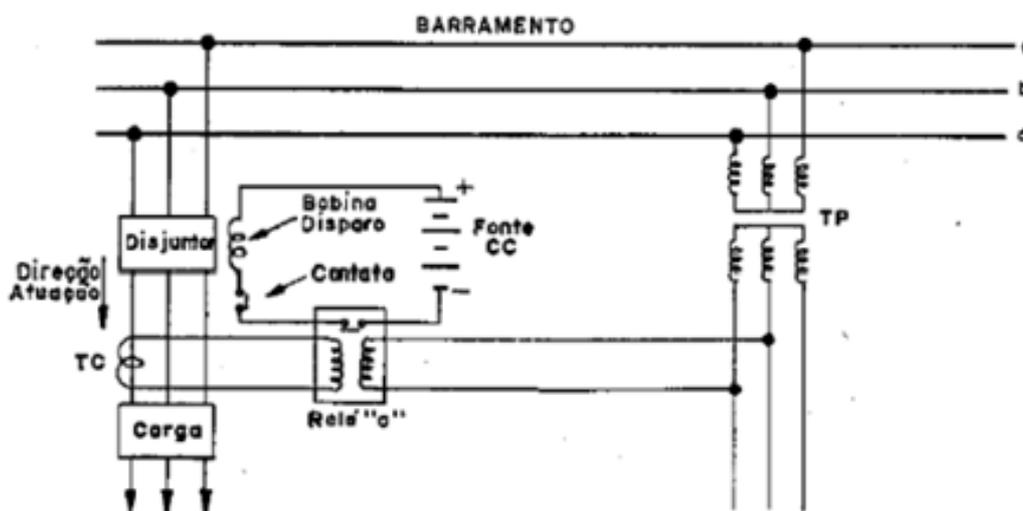
O Sistema Elétrico de Potência sofre com a ocorrência de falhas que podem danificar os seus equipamentos, interromper o fornecimento de energia e provocar acidentes envolvendo as pessoas. Para evitar ou reduzir os danos provocados por tais falhas, são empregadas as proteções de sistemas elétricos, cujo elemento principal é o relé, um dispositivo capaz de monitorar as grandezas do sistema, tais como: a corrente elétrica, a tensão elétrica, a potência elétrica, dentre outras; tomar decisões (baseados nos seus ajustes) e comandar o isolamento automático desses defeitos.

O relé não é ligado diretamente no sistema elétrico devido as altas intensidades de corrente e tensão elétrica. Dessa forma, os relés operam energizados por transformadores de corrente (TC) e transformadores de tensão (TP) (KINDERMANN, 2005).

A falha mais frequente em sistemas elétricos é a ocorrência de curto-circuito, cuja consequência é o surgimento de uma corrente elétrica elevada (MAMEDE FILHO e MAMEDE, 2020). Para realizar a interrupção de tais correntes elevadas, é utilizado um elemento elétrico chamado de disjuntor, equipamento dotado de câmaras de extinção de arcos elétricos. O disjuntor pode ser acionado por comando do relé, por controle automático, ou por controle humano, com a ação manual. A estrutura básica de um sistema de proteção é mostrada na Figura 1, que esquematiza como os seus diversos componentes se relacionam entre si.

Classificando quanto as suas características construtivas, os relés podem ser eletromecânicos, estáticos ou digitais. Vários parâmetros podem ser ajustados em um relé. O correto ajuste irá garantir que a proteção do sistema elétrico funcione de forma seletiva e coordenada, isolando o menor trecho possível de forma a cessar a falha.

Figura 1 – Componentes de um sistema de proteção típico de alta tensão.



Fonte: CAMINHA (1977)

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A realização da investigação sobre as contribuições de uma aula interativa com a bancada didática na construção do conhecimento por parte dos estudantes foi realizada utilizando um método experimental, o qual tem uso recorrente nas ciências exatas, uma vez que a própria natureza dos seus objetos requer a utilização deste método com mais

frequência (MAZUCATO, 2018, p. 54). Pressupõe-se, neste método, que para obter informações sobre um determinado fato, fenômeno ou processo, torna-se necessário manipulá-lo, controlando algumas variáveis, para se verificar como o mesmo ocorrerá em situações diferentes (MAZUCATO, 2018).

A técnica empregada nesta pesquisa baseia-se em elementos da Engenharia Didática Clássica, que consiste em um esquema experimental baseado na concepção, na realização, na observação e na análise de sequências de ensino (ARTIGUE, 1988). Através de informações a priori coletadas através de um questionário prévio respondido pelos alunos sobre o assunto e de outras informações coletadas a posteriori oriundas de avaliações, das observações do professor, dos relatos dos alunos, entre outros, é possível realizar a validação ou não das hipóteses construídas com o objetivo de ganhos na aprendizagem.

3.1 Campo e Sujeitos da Pesquisa

Tivemos dois grupos de sujeitos envolvidos na pesquisa. Um deles foi composto pelos estudantes do curso de Eletrotécnica que estavam acompanhando e desenvolvendo as atividades do componente curricular Proteção de Sistemas Elétricos, os quais vivenciaram as sequências de ensino. O outro grupo foi constituído por professores que já ministraram essa disciplina em cursos de Ensino Técnico e Superior, os quais foram entrevistados e forneceram informações relevantes na fase da Análise Preliminar.

Devido ao cenário de pandemia, que limitou a possibilidade de estudos com uma amostra causal, foi escolhido o método de amostragem intencional, o qual é caracterizado pela seleção de um subgrupo da população que, com base em conhecimentos disponíveis, possa ser considerado como representativo da população em estudo. É conhecido que, em geral, as turmas tendem a ser heterogêneas no que diz respeito à facilidade de aprendizado (VIEIRA e ZAIDAN, 2016). Por esse motivo, consideramos que a escolha de uma turma inteira como sendo representativa da população estudada.

O campo para realização desta pesquisa foi o ambiente virtual e presencial em que foram desenvolvidas as atividades de ensino e avaliação da disciplina de PSE. Tal ambiente foi implementado através da plataforma virtual do Google Classroom, pela ferramenta Edpuzzle, que auxiliou na contabilização de tempo que cada estudante assistiu às aulas postadas, pelo ambiente de reuniões virtuais Google Meet e por atividades presenciais realizadas no laboratório do IFPE *Campus* Pesqueira.

3.2 Instrumentos de Coleta de Dados

Com os sujeitos, professores, participantes da pesquisa, realizamos entrevistas semiestruturadas, pois tal modelo de entrevista possibilita realizar esclarecimentos extras em tempo real tanto com relação a entendimento das perguntas quanto das respostas. Os dados coletados a partir das entrevistas serviram de base para montagem da sequência de ensino e para a análise a priori do experimento.

Para aquisição dos dados necessários ao desenvolvimento da pesquisa, foi utilizada a técnica de observação direta extensiva, realizada através de questionários respondidos pelos estudantes. O questionário aplicado continha quatro questões de respostas abertas, de múltipla escolha e com proposições para julgar a opção de verdadeiro ou falso. Foi limitado um tempo máximo de dez minutos para respondê-lo. O tamanho do questionário foi dimensionado de forma a evitar que o aluno respondesse de forma aleatória, influenciado pelo cansaço mental, o que prejudicaria a análise de seu desempenho.

A primeira questão procura identificar, de forma direta, se o aluno revisou ou não os conteúdos antes da aula prática. As demais questões foram referentes ao tema da aula. Este questionário foi preenchido de forma presencial, antes do início da aula prática. Após a aula prática, outro questionário similar foi respondido pelos estudantes. A experiência da dinâmica de responder um questionário a priori, assistir à aula prática e responder um outro questionário a posteriori, que chamamos de Piloto, foi testada com os alunos em uma aula prática anterior. Dessa forma, pudemos identificar algumas dificuldades e ter uma percepção sobre a pertinência do tamanho para o questionário a ser aplicado.

3.3 Procedimentos Metodológicos

As etapas integrantes da metodologia estão sintetizadas e sequenciadas na Tabela 1 com intuito de dar uma visão macroscópica do processo percorrido durante nossa pesquisa.

Tabela 1 – Procedimentos Metodológicos.

Etapas da Metodologia		Descrição
1	Análise Preliminar	Delimitação do assunto a ser abordado e estudo de como é ensinado
2	Entrevistas semiestruturadas	Construção e realização de Entrevistas em que os Professores relatarão as possíveis maneiras de se abordar e avaliar o assunto
3	Mapeamento das possíveis dificuldades dos alunos quanto ao	Previsão dos possíveis erros e dificuldades dos alunos no assunto tratado

	assunto	
4	Montagem da sequência de ensino	Preparação dos materiais didáticos (aula, slides, bancada didática, formulários de práticas, ...)
5	Aula Expositiva	Apresentação da aula de forma teórica
6	Aplicação do Questionário <i>a priori</i>	Teste para avaliar o desempenho da turma antes da aula prática
7	Aula Experimental utilizando a bancada e/ou simuladores	Explicação do assunto, contextualizando-o com os equipamentos na bancada didática
8	Aplicação do Questionário <i>a posteriori</i>	Teste para avaliar o desempenho da turma após a aula demonstrativa
9	Análise dos Resultados	Comparação do desempenho dos alunos e da turma antes e depois da aula demonstrativa

Fonte: Autoria Própria (2021)

3.4 Criação da Bancada Experimental de Proteção de Sistemas Elétricos

Após a escolha do assunto a ser abordado e o mapeamento das possíveis dificuldades dos alunos com respeito à compreensão do assunto, iniciamos a adaptação da Bancada de Medidas Elétricas através da inserção de relés digitais e da criação de novos dispositivos que simulavam o comportamento de equipamentos de subestações elétricas de forma a trazer o aluno do campo da abstração para o campo da realidade, permitindo que os mesmos fizessem as conexões elétricas entre os componentes que fazem parte de um sistema de proteção elétrica. Além disso, o uso de relés digitais acrescentou a possibilidade da inserção dos valores dos parâmetros calculados em sala, bem como os testes que analisavam as implicações práticas de variações nos valores de tais parâmetros.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A escolha do tema a ser tratado foi o de Ajustes de Proteções Digitais aplicáveis a Religadores. É um tema de interesse dos alunos, principalmente daqueles que vão se encaminhar para atuar em empresas da área de distribuição ou de geração de energia elétrica, as quais costumam absorver um bom percentual dos estudantes formados no curso de Eletrotécnica do IFPE.

4.1 Avaliando as entrevistas com os professores

Foram realizadas entrevistas semiestruturadas a respeito do tema escolhido com três professores que já haviam ministrado a disciplina no IFPE e no IFAL. No geral, os professores alegaram não poder fazer aulas práticas de PSE por falta de equipamentos. Um

dos professores comentou que, para suprir a carência de práticas, utilizava a dinâmica de convidar profissionais da área para dar depoimento sobre as questões práticas de PSE. Também foi alegada a dificuldade de abstração dos alunos com respeito a equipamentos que são muito diferentes do cotidiano e a dificuldade em efetuar as operações matemáticas. Apenas um dos professores relatou que abordava o tema de parametrização do religador em suas aulas.

4.2 Identificando dificuldades e definindo as Variáveis a serem observadas

Diante do tema escolhido, algumas possíveis dificuldades de entendimento dos alunos foram elencadas pelos professores. A primeira foi sobre a dificuldade dos alunos entenderem que o disjuntor de subestação tem o comportamento biestável. Desta forma, ele deve possuir bobina de abertura e bobina de fechamento, diferentemente do contactor, equipamento bem conhecido dos estudantes e que possui apenas uma bobina de comando.

Uma segunda dificuldade foi quanto a forma de acionamento da abertura do disjuntor, que é feita de forma manual (ação humana) ou automática (através do contato de trip do relé). A terceira dificuldade foi a identificação dos tipos de ordem de fechamento que o disjuntor recebe, sendo de forma manual (ação humana) ou através do contato de religamento do relé. A última dificuldade dos estudantes se refere a de que determinados parâmetros podem ser mudados no relé digital, porém não podem ser mudados no relé eletromecânico. Tendo em vista tais dificuldades, foram elencadas algumas variáveis didáticas a serem observadas, descritas na Tabela 2, as quais nortearam a construção da sequência didática e a avaliação da construção do conhecimento por parte dos alunos.

Tabela 2 – Variáveis Didáticas escolhidas para a análise dos resultados

Variável Didática	
V1	Percentual de acerto nos testes
V2	Identifica os tipos de ordem de abertura no religador
V3	Identifica os tipos de ordem de fechamento no religador
V4	Identifica que o religador possui bobinas independentes de abertura e fechamento (funcionamento biestável)
V5	Identifica quais parâmetros podem ser parametrizados nos diferentes relés (eletromecânico e digital)

Fonte: Autoria Própria (2021)

4.3 Desenvolvimento da Bancada Didática

Para realização da Atividade experimental efetuamos uma adaptação da bancada de Medidas Elétricas de forma a atender algumas experiências necessárias, tais como: simular o comportamento do religador, a vivência da integração entre um relé de proteção, as cargas e o religador e realizar a comunicação entre o relé digital e o computador, permitindo ao aluno parametrizar e ter acesso aos gráficos e registros de eventos gerados pelo relé.

Nosso primeiro passo foi realizar a pesquisa de equipamentos que simulassem o comportamento biestável do religador e posteriormente, realizado o projeto, implementamos a montagem do disjuntor biestável, representado na Figura 2. O projeto foi montado em uma placa de metal sobressalente da própria bancada de Medidas Elétricas, deixando o mesmo visualmente integrado.

Figura 2 – Simulador de disjuntor biestável (à esquerda) e bancada de medidas elétricas (à direita).

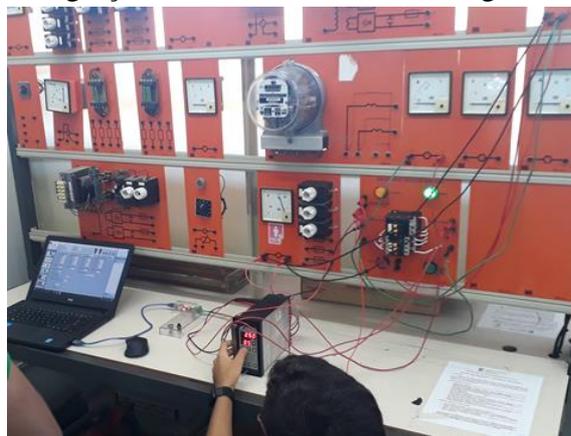


Fonte: Autoria Própria (2021)

O disjuntor biestável permitiu a integração do relé digital com a bancada. Dessa forma, os alunos puderam fazer as ligações entre o relé, o disjuntor, os equipamentos de medição e as cargas. Além disso, foi possível vivenciar ocorrências de aberturas e fechamentos realizados de forma manual e automática.

Outra parte do projeto previa a integração do relé digital com o notebook. Após algumas pesquisas e testes, foi adquirido um conversor RS485/USB. Este foi ligado por um lado via três cabos de cobre ao relé digital e por outro lado ao computador via cabo de impressora, conforme visto na Figura 3.

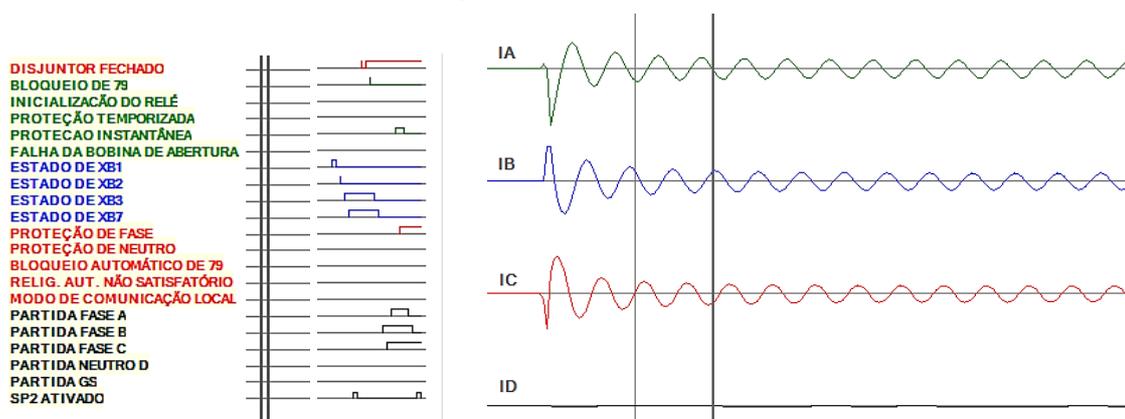
Figura 3 – Integração entre a bancada, o relé digital e o notebook.



Fonte: Autoria Própria (2021)

Instalamos um software do fabricante do relé que permite a comunicação entre o relé e o notebook. As telas desse software permitiram baixar gráficos de medições e eventos que permitem uma análise aprofundada sobre os conceitos de proteção empregados, conforme observado na Figura 4.

Figura 4 – Detalhes do registro de eventos e das correntes elétricas adicionados à aula devido à integração do notebook à bancada.



Fonte: Autoria Própria (2021)

Para facilitar as futuras aulas práticas, principalmente as realizadas por novos professores, foi elaborado um manual técnico do relé digital, com explicações sobre as principais características do mesmo e com roteiros de aulas práticas que podem ser montadas com os materiais constantes neste laboratório.

4.4 Analisando a construção do conhecimento

A partir dos dados registrados na Tabela 3, percebemos que a variável que descreve o percentual de acerto nos testes, V1, evidencia que houve uma melhoria significativa nas notas dos alunos, principalmente entre os 43% dos alunos que assistiram às aulas teóricas.

Para esses, houve um aumento de quase dois pontos em suas notas. Uma possível razão para tal ocorrência seja de que os alunos por já estarem familiarizados com a teoria e a terminologia empregada na aula prática conseguem uma ambientação mais confortável a situação de ensino. Assim, eles puderam acompanhar melhor a linha de raciocínio empregada no ambiente experimental, conseguindo conectar o conhecimento teórico ao conhecimento prático.

Estratificando a análise, vemos que em dois aspectos houve uma melhoria significativa, variáveis V2 e V3, que se referem a conseguir identificar os tipos de ordem de abertura e fechamento no religador. Estes aspectos foram analisados na forma de questões abertas.

Tabela 3 – Resultados obtidos das variáveis didáticas

Variável Didática	Descrição	Valores médios	
		Priori	Posteriori
	Nota Geral	4,1	5,8
V1	Nota dos alunos que estudaram	5,6	7,5
	Nota dos alunos que não estudaram	3,0	4,5
V2	Identificar tipos de abertura	29%	64%
V3	Identificar tipos de fechamento	29%	57%
V4	Identificar biestável com BA e BF	36%	36%
V5	Diferenças relé digital x eletromecânico	70%	56%

Fonte: Autoria Própria (2021)

Com relação ao aspecto de identificação do comportamento biestável do religador, a variável V4, não foi evidenciada nenhuma melhoria. Tal ocorrência foi analisada através de questão com proposições de julgamento de Verdadeiro ou Falso, V ou F. Com relação às diferenças de gama de parâmetros entre os relés eletromecânicos e digitais, houve uma aparente involução. Uma razão para tal involução pode estar relacionado ao tipo de questão empregada. Foram utilizadas questões com proposições de julgamento de Verdadeiro ou Falso com proposições contendo conceitos muito próximos entre si. Esse fato pode ter criado dúvidas nos alunos sobre um conhecimento que não estava bem sedimentado.

As observações feitas ao longo da Atividade prática apontaram para um bom entendimento dos alunos a respeito do que se estava fazendo na prática. Os alunos acertaram a montagem dos circuitos de interligação entre os equipamentos. Também houve

uma boa participação na aula. Em vários momentos, um aluno era escolhido para realizar alguma ação no relé digital, no disjuntor biestável ou no notebook.

Os alunos também responderam às perguntas feitas pelo professor de forma assertiva. Um aluno chegou a propor uma mudança em um dos parâmetros do relé, já prevendo de forma correta qual o resultado que iria acontecer. Ao final da aula, todos os grupos externaram que gostaram da aula prática. Reconhecemos que alguns aspectos ainda precisam ser melhorados, tais como: a reestruturação da sequência didática, a ampliação do número de professores entrevistados e o layout do disjuntor biestável (através de desenhos em sua placa indicando a presença de duas bobinas, uma de abertura e outra de fechamento). A disposição dos componentes na bancada, se for feita de forma sequenciada, semelhante aos arranjos da prática e com um aspecto visual mais agradável, pode ajudar aos estudantes a terem uma visão macro de todo o processo.

Diante de todas estas evidências, o uso do ambiente experimental concebido de forma personalizada conseguiu melhorar o processo de construção do conhecimento dos estudantes e tornar a aula mais dinâmica e próxima da realidade encontrada na vida profissional do técnico, contribuindo para se ter alunos mais motivados e confiantes.

5 CONCLUSÕES

Este trabalho se propôs a realizar a aproximação entre a teoria e a prática e a construir uma sequência de ensino com vivência prática através do uso de elementos da Engenharia Didática e da construção de um ambiente experimental contextualizados na disciplina de Proteção de Sistemas Elétricos.

Através de pesquisa de materiais, do desenvolvimento de layout e de doações de equipamentos, foi idealizado um disjuntor biestável que permitiu a integração de um relé digital de alimentadores a uma bancada de Medidas Elétricas. Após testar vários, foi selecionado um conversor que permitiu a conexão entre o relé digital e o notebook, trazendo mais possibilidades de análises aos experimentos.

A construção do ambiente experimental juntamente com a montagem da sequência de ensino se mostrou exitosa no que concerne à melhoria da aprendizagem do assunto abordado. Além disso, a bancada serve como um diferencial no ensino de PSE, visto que um baixo percentual de instituições de ensino possui bancadas para esse propósito (COTOSCK, 2007; DE LIMA *et al.*, 2020).

A confecção do manual didático do relé contendo sugestões de práticas diminui o retrabalho dos professores iniciantes na disciplina e potencializa o conhecimento a ser desenvolvido via ambiente experimental usando apenas os equipamentos disponíveis no laboratório.

Como sugestões para trabalhos futuros, recomendamos a necessidade de reestruturação da sequência didática, contando com a participação de um maior número de professores da disciplina a fim de ampliarmos os obstáculos e agregar novas metodologias que possam facilitar a superação das dificuldades. Também foi observada a necessidade de melhoria do *layout* da bancada, de forma a facilitar a visualização do processo por parte do estudante. É possível, também, desenvolver um sistema supervisorio embarcado em um Arduíno, o qual possibilitará a conexão a um celular do estudante e informar os valores de tensão e corrente elétrica, como também o estado e o comando do disjuntor.

REFERENCIAS

- ALMOULOU, S. A.; DA SILVA, M. J. F. Engenharia didática: evolução e diversidade Didactic engineering: evolution and diversity. **Revista Eletrônica de Educação Matemática**. v. 7, n. 2, p. 22-52, 2012.
- ARTIGUE, M. Ingénierie didactique. **Recherches en didactique des mathématiques**. v. 9, n. 3, p. 281-308, 1988.
- CAMINHA, A. C. **Introdução à proteção dos sistemas elétricos**. 1. ed. São Paulo: Editora Blucher, 1977.
- COTOSCK, K. R. **Proteção de sistemas elétricos: uma abordagem técnico pedagógica**. 2007. 107 p. (Mestrado). Universidade Federal de Minas Gerais, BeloHorizonte, 2007.
- DE LIMA, R. C. D.; MEIRA, R. N.; BRITO, N. S. D.; DANTAS, K. M. C. Análise de ferramentas para o ensino de Proteção de Sistemas Elétricos. **Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos-SBSE**. v. 1, n. 1, 2020.
- DE OLIVEIRA, G. A. F.; BISPO, L. F.; DOS SANTOS, M. G.; DE OLIVEIRA, P. S.; MOURA, R. S. DESENVOLVIMENTO DE UMA BANCADA DIDÁTICA DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS PREDIAIS, DE BAIXO CUSTO, PARA UTILIZAÇÃO EM LABORATÓRIOS DE ENGENHARIA ELÉTRICA E CURSOS AFINS. **RCT-Revista de Ciência e Tecnologia**. v. 6, 2020.
- KINDERMANN, G. **Proteção de sistemas elétricos de potência**. 2. ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 2005.
- LIMA, J. R.; FERREIRA, H. Contribuições da Engenharia Didática como elemento norteador no Ensino de Física: estudando o fenômeno de Encontro de Corpos com atividades da Robótica Educacional. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. v. 42, 2020.
- MAMEDE FILHO, J.; MAMEDE, D. R. **Proteção de sistemas elétricos de potência**. 2. ed. Rio de Janeiro: Grupo Gen-LTC, 2020.
- MAZUCATO, T. Metodologia da pesquisa e do trabalho científico. **Penápolis: FUNEPE**. 2018.

NOEMI, D. Entenda o que é a aprendizagem baseada em problemas. Escolas Disruptivas by Happy Code, 2019. Disponível em: <https://escolasdisruptivas.com.br/metodologias-inovadoras/entenda-o-que-e-a-aprendizagem-baseada-em-problemas/>. Acesso em 05/03/2021.

SATO, L.; JÚNIOR, C. A. d. O. M. Investigação das dificuldades dos professores de ciências com relação à prática de ensino por meio da experimentação. **Educere-Revista da Educação da UNIPAR**. v. 6, n. 1, 2006.

SAVIANI, D.; FREIRE, P.; NOGUEIRA, A. **Interlocuções pedagógicas: conversa com Paulo Freire e Adriano Nogueira e 30 entrevistas sobre educação**. 1. ed. Campinas: Ed. Autores Associados, 2010.

SILVESTRE, M. A. Didática: embates contemporâneos. **REVISTA ELETRÔNICA PESQUISEDUCA**. v. 3, n. 6, p. 282-286, 2011.

VIEIRA, G. A.; ZAIDAN, S. Estratégias de ensino de matemática para turmas heterogêneas. **Revista em Teia. Pernambuco**. v. 7, n. 3, p. 1-19, 2016.