

EMULADOR DO INTERRUPTOR DIFERENCIAL RESIDENCIAL (IDR) RESIDENTIAL DIFFERENTIAL SWITCH EMULATOR

Ronaldo Siqueira da Gama¹
Luana Meireles Armanhe²
Lucas Momberg Lisboa³
Nilton Antonio da Silva⁴
Raynara Santos Oliveira⁵
Andressa Macedo Rosa⁶

RESUMO

Este trabalho aborda a construção de um protótipo microcontrolado de um circuito emulador do comportamento de um dispositivo Interruptor Diferencial Residencial (IDR) no contexto da automação industrial. O dispositivo IDR desempenha um papel crucial na segurança elétrica em ambientes residenciais, protegendo contra correntes de fuga que poderiam resultar em choques elétricos e acidentes graves. O emulador desenvolvido visa proporcionar uma abordagem prática e educativa para estudantes de automação industrial, oferecendo uma compreensão aprofundada das funcionalidades e aplicações do dispositivo. Além disso, o desenvolvimento do emulador busca preencher uma lacuna no ensino de automação industrial, proporcionando uma ferramenta prática que complementa o aprendizado teórico. A disponibilidade do emulador no ambiente educacional visa enriquecer a experiência de aprendizado dos estudantes, preparando-os de maneira mais eficaz para os desafios práticos encontrados na indústria.

Palavras-chaves: Emulador IDR. Choque Elétrico. Prevenção.

ABSTRACT

This paper presents the creation of an emulator designed to study the Residential Differential Switch in the context of industrial automation. The device plays a crucial role in electrical safety in residential environments, protecting against leakage currents that could result in electrical shocks and serious accidents. The developed emulator aims to provide a practical and educational approach for industrial automation students, offering an in-depth understanding of the device's functionalities and applications. Furthermore, the emulator's development seeks to fill a gap in industrial automation teaching, providing a practical tool that complements theoretical learning.

¹ Mestre em Engenharia de Automação e Controle de Processos, docente do IFSP, Campus Boituva. ronaldogama@ifsp.edu.br

² Aluna do Curso Técnico em Automação Industrial do IFSP, Campus Boituva. luanaarmanhe@gmail.com

³ Aluno do Curso Técnico em Automação Industrial do IFSP, Campus Boituva. lucas_momberg@gmail.com

⁴ Aluno do Curso Técnico em Automação Industrial do IFSP, Campus Boituva. nil95@live.com

⁵ Aluna do Curso Técnica em Automação Industrial do IFSP, Campus Boituva. raynarasantosoliveira123@gmail.com

⁶ Doutora em Engenharia Elétrica, docente do IFSP, Campus Boituva. rosa.andressa@ifsp.edu.br

The availability of the emulator in the educational environment aims to enrich the learning experience of students, preparing them more effectively for the practical challenges encountered in industry.

Keywords: Residential Differential Switch Emulator. Electric Shock. Prevention.

1 INTRODUÇÃO

Em 2017, segundo a Associação Brasileira de Conscientização para os Perigos da Eletricidade, foram registrados 1.387 acidentes causados por choque elétrico, incêndio ou raio, e 702 pessoas perderam a vida (Abracopel, 2017). Em 2022, 853 acidentes graves por choque elétrico foram registrados no Brasil. Desse total, 592 pessoas morreram, sendo 66% dos casos, e o maior número de mortes ocorreu em áreas externas. Vale salientar que esses acidentes em áreas externas ocorreram com o contato da vítima em fios de postes totalizando 262 mortes. (Jornal Hoje, 2023).

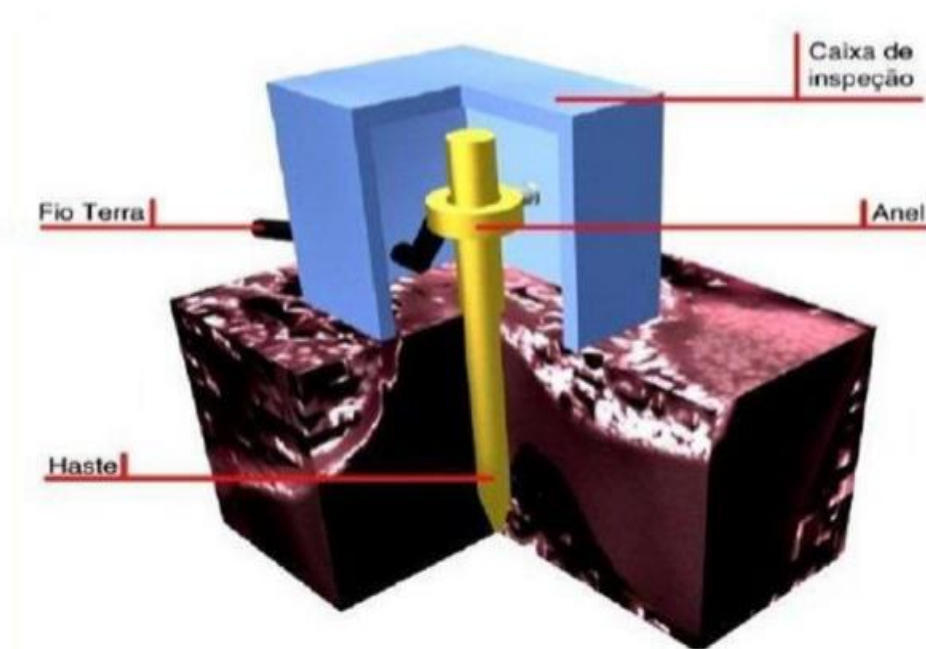
O choque elétrico é um fenômeno elétrico que ocorre quando o corpo humano entra em contato com uma corrente elétrica. Essa corrente pode fluir através do corpo, resultando em efeitos que variam desde sensações de formigamento, contrações musculares involuntárias, até lesões mais graves. A gravidade do choque elétrico depende de fatores como a intensidade da corrente, a duração do contato, a rota do fluxo elétrico no corpo e as condições ambientais. O choque elétrico representa uma ameaça significativa à segurança humana e pode ter sérias consequências, tornando a prevenção e a conscientização sobre práticas seguras fundamentais para evitar acidentes (Thomé e Beline, 2018). Como medidas preventivas e a finalidade de evitar que ocorra essa situação, pode-se citar o uso de aterramentos e dos dispositivos DDR/IDR (Disjuntor/Interruptor Diferencial Residual).

O estudo dos choques elétricos e seus riscos está intimamente ligado ao modo pelo qual os sistemas estão aterrados, uma vez que a ligação à terra objetiva, primeiramente, a proteção das pessoas. O aterramento elétrico é um sistema que conecta um condutor elétrico à terra, proporcionando um caminho de baixa resistência para a corrente elétrica fluir para o solo como apresenta com a figura 1.

O choque elétrico nas residências é evitado com manutenção de equipamentos e com prevenção. Existe um dispositivo chamado diferencial residual, que tem que ser instalado em todas as residências, de acordo com as normas ABNT (Associação

Brasileira de Normas Técnicas), e que traz mais segurança e evita estragos na rede elétrica e também os choques elétricos.

Figura 1 - Aterramento Elétrico



Fonte: Apostila Alvorada – Segurança e Eletricidade. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/cesarjunior41/apostila-alvorada-segurana-e-eletricidadepdf>. Acesso em: 02 nov. 2023.

O disjuntor é o componente mais conhecido e é responsável por monitorar a corrente elétrica nos condutores, através de uma corrente nominal. Em caso de sobrecarga, o disjuntor acaba desenergizando o sistema. Na figura 2, temos o esquema elétrico do IDR.

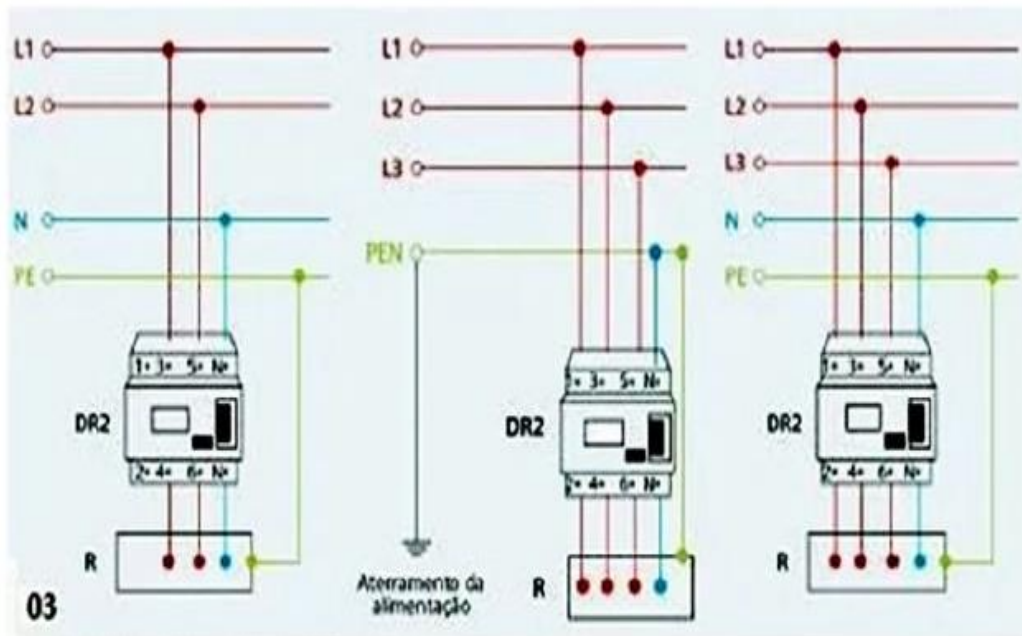
De acordo com a NBR 5410 (1997, p.30), disjuntores destinam-se à proteção contra sobrecargas e correntes de curto circuitos. Tal afirmação pode ser verificada em:

“A integral que o dispositivo deixa passar deve ser inferior ou igual à integral de Joule necessária para aquecer o condutor desde a temperatura máxima para serviço contínuo até a temperatura limite de curto-circuito, levando-se em conta as curvas da integral de Joule” (NBR5410, 2004, p.31), ou seja, dentre as funções de um disjuntor especificadas na referida norma cita-se:

- Proteger os cabos contra sobrecargas e curto circuitos;
- Permitir o fluxo normal da corrente sem interrupções;

- Abrir e fechar um circuito à intensidade nominal;
- Garantir a segurança da instalação e dos utilizadores.

Figura 2 - Esquema elétrico IDR.



Fonte: Delta Automação. Disponível em: <https://deltautomacao.wixsite.com/delta/single-post/2016/02/02/idr-o-que-%C3%A9>. Acesso em: 02 nov. 2023.

Assim posto, o disjuntor provê segurança às pessoas por meio da proteção aos componentes da instalação. Entretanto, para efetiva proteção às pessoas, o aterramento e o dispositivo IDR devem ser instalados no sistema. Assim, haverá proteção contra os choques elétricos causados por fugas de correntes elétricas, evitando que a corrente elétrica cause um dano à pessoa que tenha contato direto ou indireto (ver figura 3) com a eletricidade.

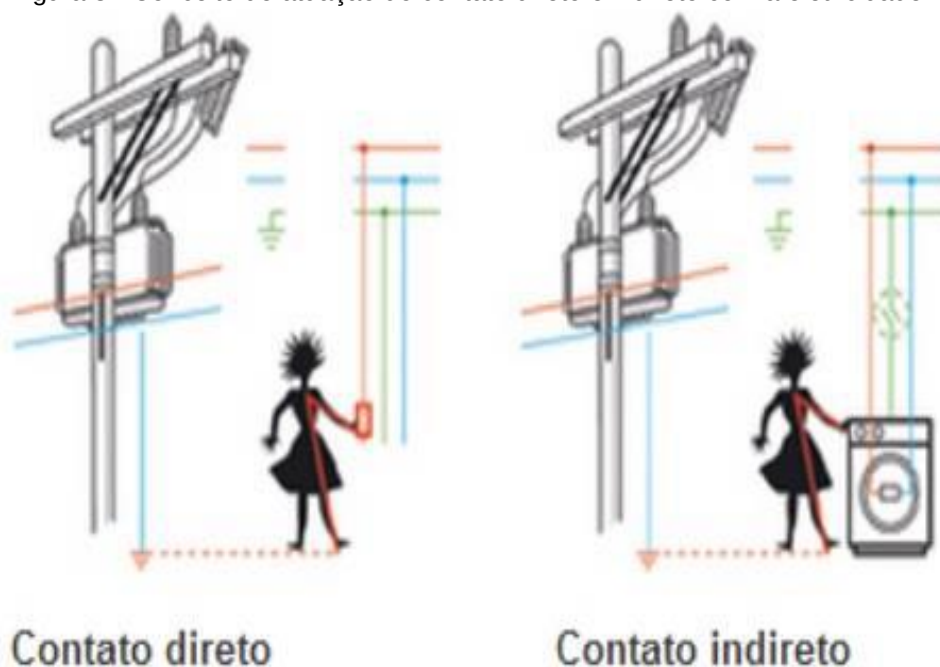
A Norma (NBR 5410, 1997) no item 5.1.3.2.2, especifica que o uso de DDR (Dispositivo Diferencial Residual) de alta sensibilidade é obrigatório desde 1997 nos seguintes circuitos que alimentem pontos:

- Situados em locais contendo banheira ou chuveiro;
- Situadas nas áreas externas à edificação;
- Em áreas internas que possam vir a alimentar circuitos situados nas áreas externas à edificação;
- Em cozinhas, copas cozinhas, lavanderias, áreas de serviço, garagens e demais dependências internas molhadas em uso normal, ou sujeitas a lavagem;

- Em edificações não residenciais, que sirvam a pontos de tomadas situados em cozinhas, copas cozinhas, lavanderias áreas de serviço, garagens, e no geral, em áreas internas molhadas em uso normal, ou sujeitas a lavagem.

Apesar de uso normatizado desde 1997 (NBR 5410, 1997), o que se constata é sua ausência na maioria das residências, principalmente em construções antigas, em que apenas 27% dessas edificações possuem IDR, seja por não terem sido modernizadas, seja por desconhecimento (PROCOBE,2008). Nas construções mais novas, o IDR ainda não é instalado, principalmente por conta do desconhecimento sobre sua importância (Conexão Construção, 2019).

Figura 3 - Conceito de atuação do contato direto e indireto com a eletricidade.



Fonte: Ensinando Elétrica. Set. 2012. Disponível em: <https://ensinandoeletrica.blogspot.com/2012/09/dispositivos-dr.html/>. Acesso em: 21 nov. 2023.

Vale mencionar os principais efeitos do choque que são:

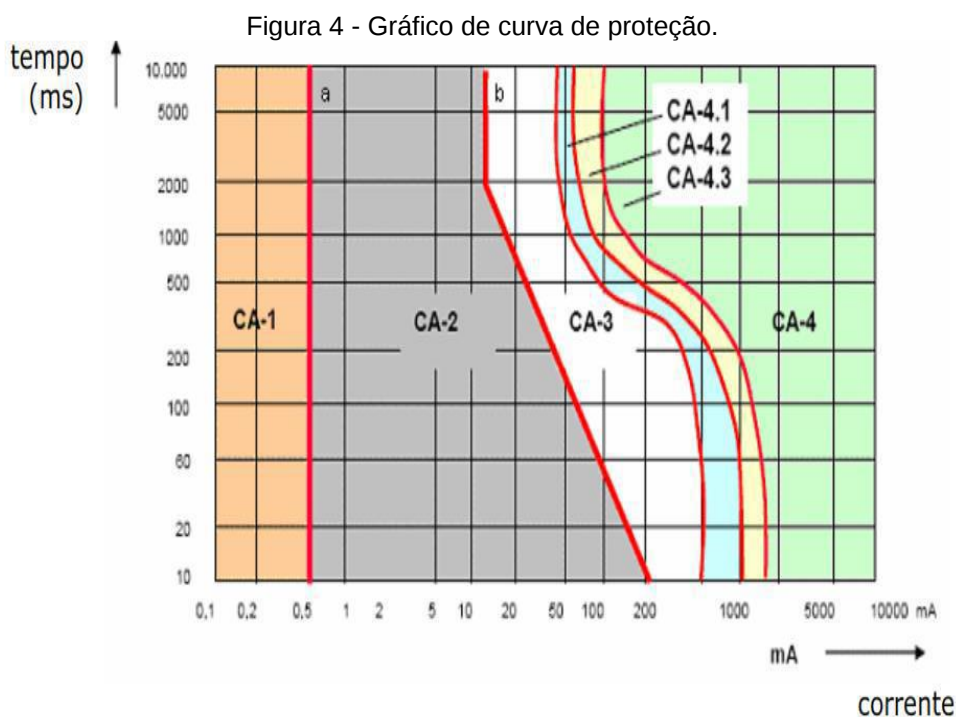
- Tetanização: é uma contração muscular por estímulos elétricos repetidos.
- Parada respiratória: contração dos músculos ligados à respiração e/ou paralisia dos centros nervosos que a comandam.
- Parada cardíaca/ventricular: fibrilação de músculos do coração (funcionamento desordenado os comandos).
- Queimaduras: externas e internas.

A norma IEC 479 define os limiares (valores mínimos/máximos de corrente) dos efeitos que serão usados na proteção:

- De percepção: valor mínimo capaz de provocar qualquer sensação.
- De reação: valor mínimo capaz de provocar contração muscular.
- De largar: valor máximo que uma pessoa segurando um condutor energizado é capaz de largá-lo.
- De fibrilação ventricular: valor mínimo que passando pelo corpo capaz de provocar fibrilação ventricular.

Esses valores podem ser expressos por um conjunto de curvas como mostra a figura 4. Dessa forma, a partir da figura 4, é possível observar cinco diferentes áreas de riscos à saúde da vítima quando é submetida ao choque elétrico conforme a intensidade da corrente elétrica em miliamperes (eixo x) e o tempo de contato da vítima em milissegundos (eixo y):

1. Sem risco, reta vertical a (0,5 mA)
2. Algum risco reversível. Pela curva b (10 a 500 mA, 10 s a 10 ms)
3. Algum risco de fibrilação. Curva CA-4.1
4. 5% de risco de fibrilação. Curva CA-4.2
5. 50% de risco de fibrilação. Curva CA-4.3



Fonte: Ensinando Elétrica (2012). Acesso em: Disponível em:

<https://ensinandoeletrica.blogspot.com/2012/09/dispositivos-dr.html/>. Acesso em: 06 nov. 2023.

Desta forma este trabalho, tem por finalidade a construção de um protótipo microcontrolado de um circuito emulador do comportamento de um dispositivo IDR. Além disso, disseminar conhecimento sobre o princípio de atuação de um IDR, permitindo a demonstração dos conceitos de maneira prática, por meio de um kit didático aos alunos do curso de automação industrial.

2 DESENVOLVIMENTO

A seguir serão apresentadas as etapas de construção do protótipo de forma detalhada no item 2.1. Posteriormente, o resultado e as discussões do projeto serão descritos no item 2.2.

2.1 MATERIAIS E MÉTODO

Para montar o protótipo do dispositivo IDR, buscou-se materiais facilmente encontrados no mercado. Todo material utilizado para a fabricação e para o teste do dispositivo estão citados na tabela 1.

Tabela 1 – Materiais utilizados na fabricação e no teste do protótipo do dispositivo IDR.

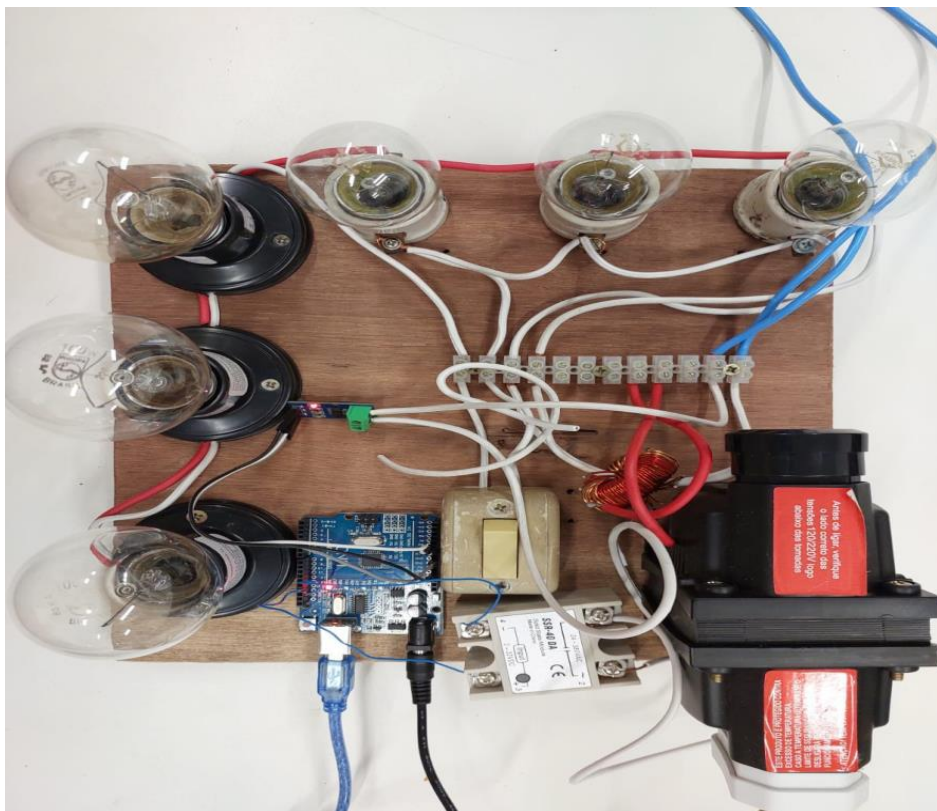
Itens	Quantidades
Lâmpadas - 60W	3 unidades
Lâmpadas - 40W	3 unidades
Interruptor	1 unidade
Arduino nano	1 unidade
Base de madeira	1 unidade
Fio de bitola 4mm	1,5 metros
Notebook	1 unidade
Soquete	6 unidades
Barra de conector tipo sindal com 12 bornes	1 unidade
Transformador	1 unidade
Rele de estado sólido	1 unidade
Fonte arduino 5V	1 unidade

Fonte: Elaborada pelos próprios autores (2023).

A metodologia utilizada foi a construção de um protótipo funcional (figura 5) controlado por microcontrolador (Arduino) que emula o comportamento de um IDR, fazendo uso de uma abordagem moderna, de componentes e técnicas desenvolvidas no curso técnico em automação industrial. A partir da figura 5, é possível observar as

lâmpadas (carga), o microcontrolador Arduino, o transformador e o interruptor (que simula a fuga de corrente).

Figura 5 – Protótipo do emulador IDR finalizado.



Fonte: Dos próprios autores (2023).

2.2 RESULTADOS E DISCUSSÕES

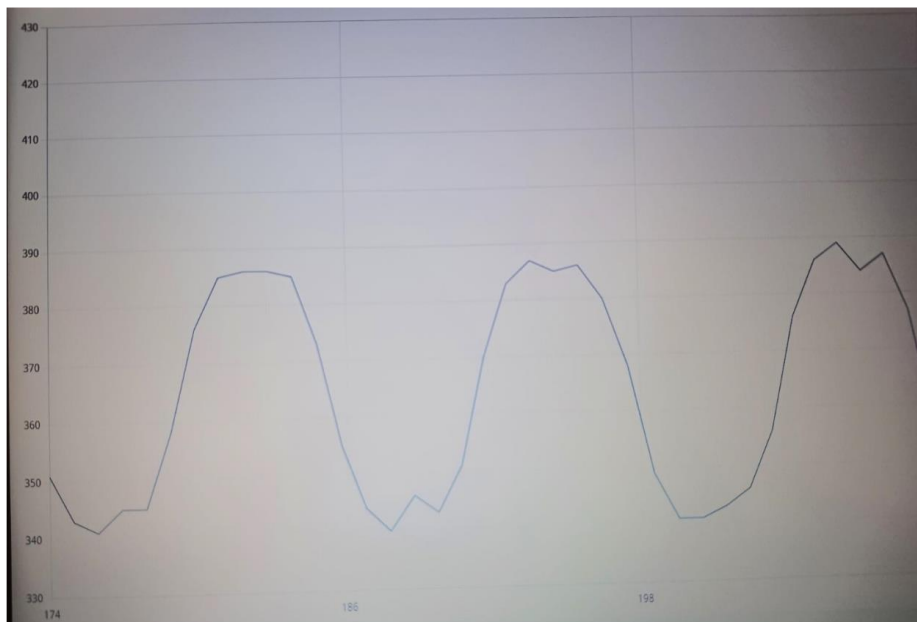
O protótipo cumpriu com o objetivo proposto de emular o funcionamento de um Interruptor Diferencial Residual, ou seja, o protótipo monitora continuamente a consumo em todos os fios do circuito e a partir de uma variação, ou diferença, entre a soma das correntes que entram no circuito em relação as correntes que saem do circuito, que é entendida como uma fuga de corrente ou algum usuário sofrendo um choque elétrico, o emulador realiza a abertura imediata do circuito e a proteção da pessoa.

Além do mais, o emulador contribui com o aprendizado durante o curso técnico em aulas de elétrica, montagem e medição, através disseminação de conhecimento, sobre o funcionamento do dispositivo tão importante na proteção às pessoas.

A figura 6 apresenta a curvas de tensão, aqui digitalizada em um binário em função do tempo, que variam entre -340 a- 390 até +340 a +390. Essa variação é

observada quando o circuito está funcionando normalmente, ou seja, o dispositivo não detectou nenhuma alteração do sinal de corrente.

Figura 6 - Curvas do circuito ligado normalmente – sem corrente de fuga.



Fonte: Dos próprios autores (2023).

A figura 7 mostra o circuito em funcionamento com todas as cargas acionadas (lâmpadas acesas), indicando o funcionamento normal do emulador.

Figura 7 - Emulador ligado normalmente.



Fonte: Dos próprios autores (2023).

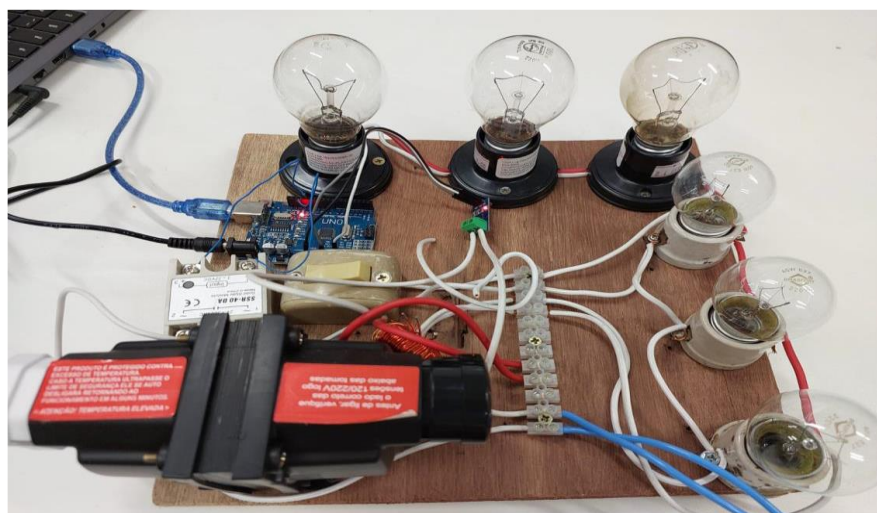
Já na figura 8, tem-se a demonstração de uma fuga de corrente. Isso ocorre, quando o interruptor do circuito é acionado e uma carga adicional é introduzida no circuito aumentando a corrente de entrada, no entanto, a corrente de retorno não passa pelo monitoramento do protótipo de forma a simular uma fuga ou choque, o que causa um aumento na tensão diferencial em binário que atinge picos em torno de 420. Consequentemente, o circuito automaticamente é desarmado e todas as lâmpadas se apagam como mostra a figura 9.

Figura 8 - Curva do pico - demonstração da fuga de corrente.



Fonte: Dos próprios autores (2023).

Figura 9 – Emulador IDR desligado e finalizado.



Fonte: Dos próprios autores (2023).

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora o dispositivo IDR seja importante na instalação, ele é pouco conhecido e utilizado. Assim, acredita-se que o emulador será útil na formação dos alunos no curso de automação industrial. Embora o circuito emulador seja diferente de um IDR comercial, seu comportamento foi emulado, e pode fornecer conhecimentos importantes sobre seu funcionamento.

REFERÊNCIAS

APOSTILA ALVORADA – SEGURANÇA E ELETRECIDADE, 06 de Maio de 2023, Disponível em: <https://pt.slideshare.net/cesarjunior41/apostila-alvorada-segurana-e-eletricidadepdf>. Acesso em: 02 nov. 2023.

CONEXÃO CONSTRUÇÃO. conexaoconstrucao.com.br. **CONEXÃO CONSTRUÇÃO**, 11 jun. 2019. Disponível em: <https://www.conexaoconstrucao.com.br/noticia/263/apesar-de-obrigatorio-dispositivo-dr-e-instalado-em-apenas-27-das-residencias.html>. Acesso em: 11 nov. 2023.

DELTA AUTOMAÇÃO www.deltaaut.com **DELTA AUTOMAÇÃO**, 02 de Fevereiro de 2016, Disponível em: <https://deltaautomacao.wixsite.com/delta/single-post/2016/02/02/idr-o-que-%C3%A9>. Acesso em 02 nov. 2023.

ENSINANDO ELETRICA www.ensinandoeletrica.blogspot.com **ENSINANDO ELETRICA**, Setembro de 2012. Disponível em: <https://ensinandoeletrica.blogspot.com/2012/09/dispositivos-dr.html/> Acesso em 2023 nov. 21

JORNAL HOJE . (07 de 03 de 2023). g1.globo.com. Disponível em: <https://g1.globo.com/jornal-hoje/noticia/2023/03/07/choques-eletricos-causaram-quase-600-mortes-em-2022-especialistas-orientam-como-se-proteger.ghtml>. Acesso em 13 de 11 de 2023.

SIENGE BY SOFTPLAN www.sienge.com.br **SIENGE BY SOFTPLAN** , 13 de Dezembro de 2018. Disponível em: <https://www.sienge.com.br/blog/o-que-e-nbr-5410/> Acesso em: 11 nov. 2023.

THOMÉ, Pedro; BELINE, Ederaldo Luiz. Choque elétrico: causas, consequências e seus efeitos para o corpo humano. *In*: XII EEPA ENCONTRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO AGROINDUSTRIAL, 2018, Campo Mourão, Paraná. **Anais ISSN2176-3097**. Disponível em: http://anais.unespar.edu.br/xii_eeпа/data/uploads/artigos/8-engenharia-do-trabalho/8-08.pdf. Acesso em: 02 nov. 2023.

