

Circuitos elétricos domésticos: um modelo de proteção adequado

Domestic electrical circuits: an adequate protection model

👤 **Arthur Remígio Mourão**

Cursou o ensino médio no CED GISNO (2021-2023).

👤 **Louise Mel Alves Simões**

Cursou o ensino médio no CED GISNO (2021-2023).

👤 **Thalita Ramos Hipólito**

Concluiu o ensino médio no CED GISNO. Atualmente, é graduanda em Fisioterapia na UDF.

👤 **Reynaldo Soares da Silva**

Estudante da Secretaria de Estado de Educação do Distrito Federal, no CED GISNO

👤 **Gabriella da Conceição Lima**

Mestra em ensino de Física pela Universidade de Brasília. Atualmente, é professora de Física na SEEDF e supervisora do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (Pibid), vinculada a CAPES. Contato: fisgabunbi@gmail.com

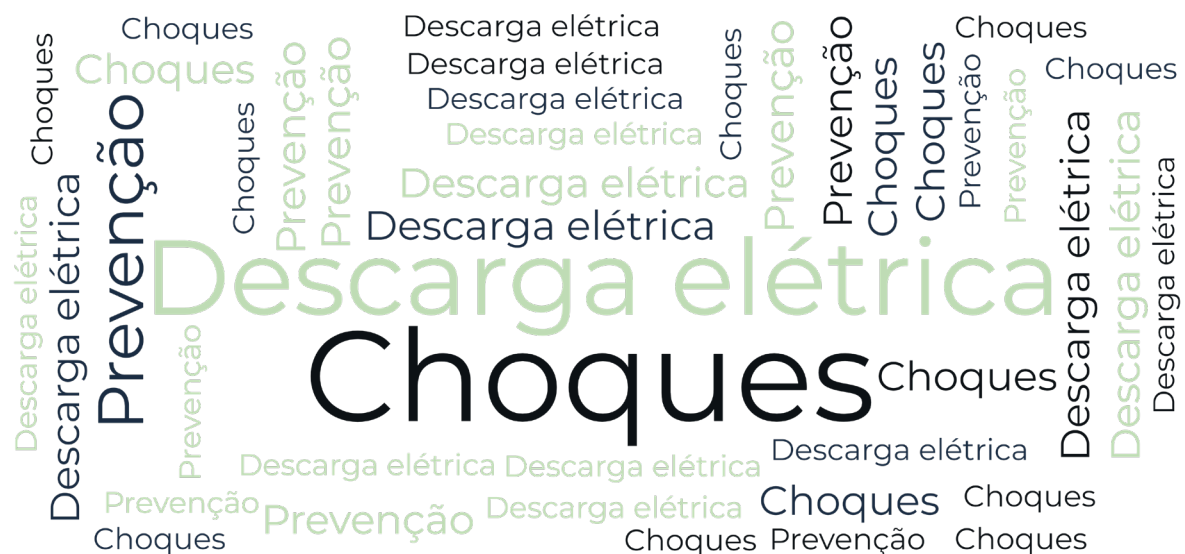
👤 **Silme Lucia Rodrigues**

Professora aposentada da SEEDF, atuou nas áreas de Matemática e Física ao longo de sua carreira. Contato: silmerodrigues@gmail.com

Resumo: Neste trabalho é proposto um modelo de proteção aos circuitos elétricos domésticos, baseado no uso de dispositivos como aterramento, sistemas de proteção contra descargas atmosféricas, interruptor diferencial residual e dispositivo de proteção contra surtos elétricos. A ideia surge da necessidade de se resolver o número excessivo de acidentes elétricos quando há uma sobrecarga na rede e se usa apenas disjuntores comuns. A proposta envolve baixo custo e foi prototipada para uma casa simples de dois quartos, uma sala, uma cozinha e um banheiro, mas que pode ser adaptada a qualquer tipo de residência e quantidade de eletrodomésticos.

“Propomos um modelo de baixo custo de proteção ao circuito que possa reduzir os acidentes em residências por sobrecargas, fugas de tensão e surtos elétricos, a fim de garantir a segurança dos usuários e dos eletrodomésticos em relação às descargas elétricas”

Palavras-chave:



Abstract: In this work, a protection model for domestic electrical circuits is proposed based on the use of devices such as grounding, lightning protection systems, residual differential switches and surge protection devices. The idea arises from the need to resolve the excessive number of electrical accidents when there is an overload on the network and only common circuit breakers are used. The proposal involves low cost and was prototyped for a simple house with two bedrooms, a living room, a kitchen and a bathroom, but can be adapted to any type of residence and number of appliances.

Keywords: Electrical discharge. Shocks. Prevention.

Introdução

A história dos estudos sobre a temática de descargas atmosféricas inicia-se a partir do século XVIII, com experiências de um cientista americano chamado Benjamin Franklin (1706-1790). Sabe-se que os relâmpagos são descargas elétricas que ocorrem devido ao acúmulo destas cargas elétricas em regiões localizadas na atmosfera, na maioria das vezes dentro de tempestades. Em sua experiência, Benjamin Franklin aproveitou uma tempestade para empinar uma pipa com um fio de metal e conectou esse fio a uma chave e a um acumulador de carga elétrica. Esse experimento levou-o a concluir que os raios são um fenômeno elétrico de grande intensidade (BARBOSA, 2014).

Segundo Tássia Duarte Barbosa (2014), com este experimento foi possível perceber que entre a nuvem e a superfície da terra surge uma diferença de potencial, se comportando como um capacitor. O experimento consistiu em empinar uma pipa, presa a um fio condutor, em uma região próxima a uma nuvem de tempestade (BARBOSA, 2014). A carga induzida na pipa deslocava-se ao longo do fio provocando uma pequena descarga entre um condutor preso a sua extremidade e a sua mão. O experimento de Franklin pode ser considerado como o marco do início da pesquisa científica sobre os relâmpagos, além disso, permitiu-lhe inventar o para-raios.

A Figura 1 apresenta as informações sobre o número de descargas atmosféricas no Brasil,

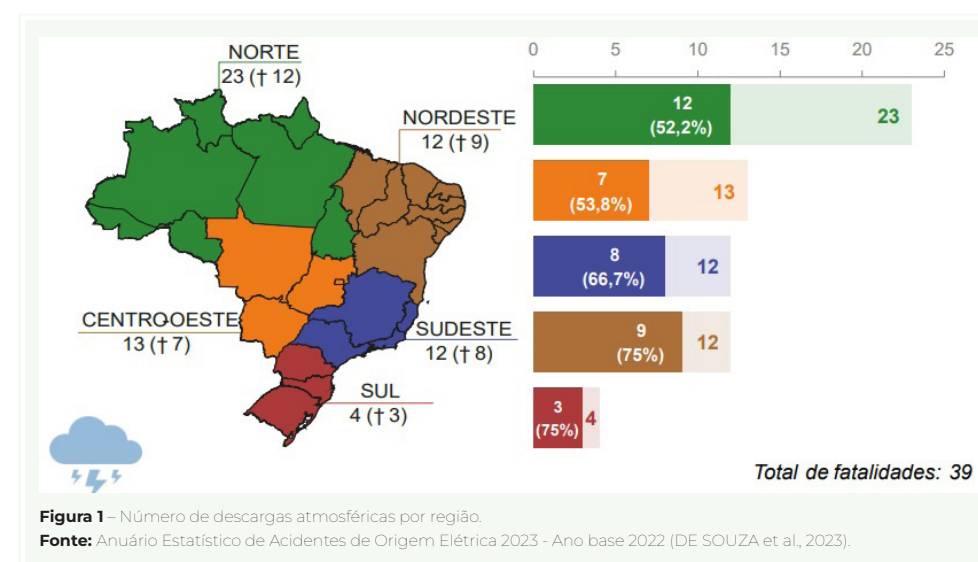
por região. A região Norte com 23 casos, destes, 12 com evolução ao óbito e a região Sul com quatro casos, porém três óbitos. O gráfico também traz a relação percentual entre casos e mortes nestas regiões.

O Anuário Estatístico de Acidentes de Origem Elétrica (DE SOUZA et al., 2023) relaciona os raios como uma das principais causas de mortalidade relacionada ao clima em todo o mundo. Destacando a região Centro-Oeste, é possível identificar o aumento de 25,5% no Brasil dos casos de acidentes que envolvem as descargas atmosféricas em 2022.

A descarga elétrica atmosférica gera grandes incidentes elétricos, tanto físicos quanto materiais, e é comum que técnicos não utilizem ferramentas de prevenção como Sistemas de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA), aterramento, Interruptor Diferencial Residual (IDR) ou Dispositivo de Proteção contra Surtos (DPS).

Em 2022, de acordo com o Anuário Estatístico de Acidentes Elétricos da Associação Brasileira de Conscientização para os Perigos da Eletricidade (DE SOUZA et al., 2023), ocorreram 853 acidentes graves por choque elétrico no Brasil, 874 incêndios por sobrecarga elétrica e 101 por descargas atmosféricas elétricas, sendo registrado um total de 592 mortes. Como tal descuido acaba gerando grandes acidentes, neste trabalho propomos um modelo de baixo custo de proteção ao circuito que possa reduzir os acidentes em residências por sobrecargas, fugas de tensão e surtos elétricos, a fim de garantir a segurança dos usuários e dos eletrodomésticos em relação às descargas elétricas.

Cabe ressaltar que, quanto às fugas de corrente, é importante o uso do sistema de aterramento e do dispositivo IDR para que as instalações e equipamentos elétricos não ofereçam riscos aos usuários. A partir dos dados trazidos pela Figura 2, que mostra um resumo dos acidentes, é necessário reforçar a importância da adequação dos circuitos elétricos de modo a minimizar os acidentes elétricos.



O Anuário Estatístico de Acidentes de Origem Elétrica 2023 da ABRACOPEL apresenta os números de acidentes por choque elétrico, bem como um panorama completo sobre especificações que concerne à faixa etária, ocupação, entre outros. É possível identificar os casos por estado, região, por mês e as variáveis dos anos que compreendem o período de 2018 a 2022 (DE SOUZA et al., 2023). Considerando a Figura 3, observa-se uma queda no número de óbitos com causas referentes a choque elétrico, desta forma o Anuário traz um bom panorama sobre os resultados em comparação ao ano de 2020, com uma redução de 12,2%. O período que compreende os anos de 2018 a 2022 observa-se aumento de 2,03% de acidentes em sua totalidade, entretanto nota-se uma queda de 4,82% entre vítimas fatais.

Em uma breve análise sobre os dados apresentados, é possível identificar que a região Centro-Oeste possui o menor número de ocorrências fatais comparado às demais regiões, como apresentado na Figura 4, com 28 fatalidades do estado do Mato Grosso e nove casos fatais no Distrito Federal (Figura 5).

Ao observar os dados relacionados ao período de dez anos que compreende 2013 a 2022 (Figura 6), é possível identificar que a região Nordeste possui histórico

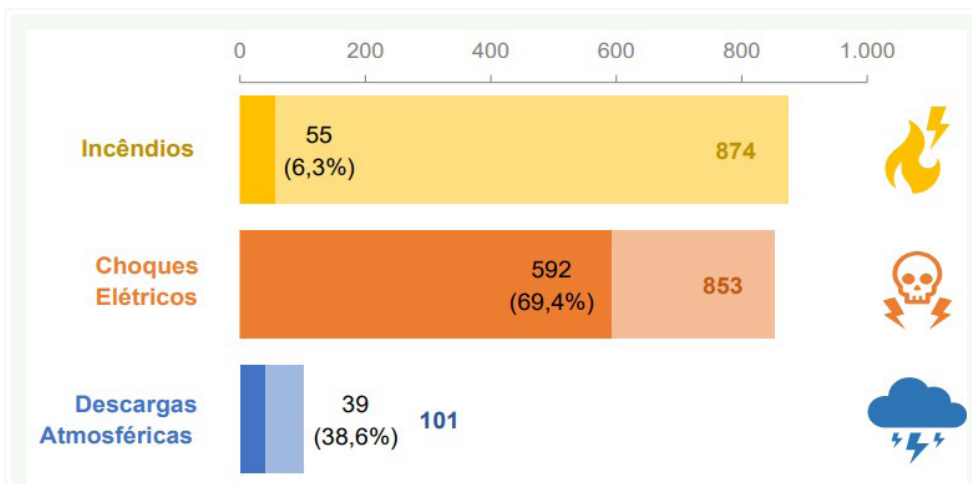


Figura 2 – Acidentes de origem elétrica no Brasil em 2022. Fonte: Anuário Estatístico de Acidentes de Origem Elétrica 2023 - Ano base 2022 (DE SOUZA et al., 2023).

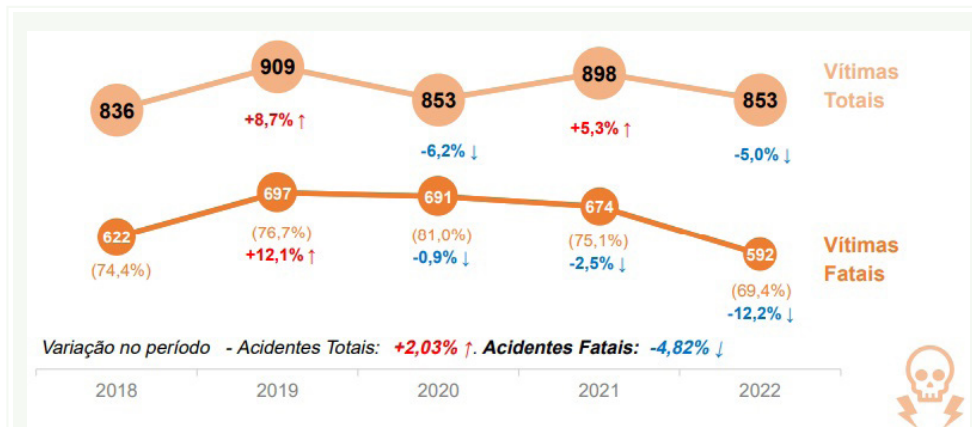


Figura 3 – Choque elétricos que compreende os períodos de 2018 a 2022. Fonte: Anuário Estatístico de Acidentes de Origem Elétrica 2023 - Ano base 2022 (DE SOUZA et al., 2023).

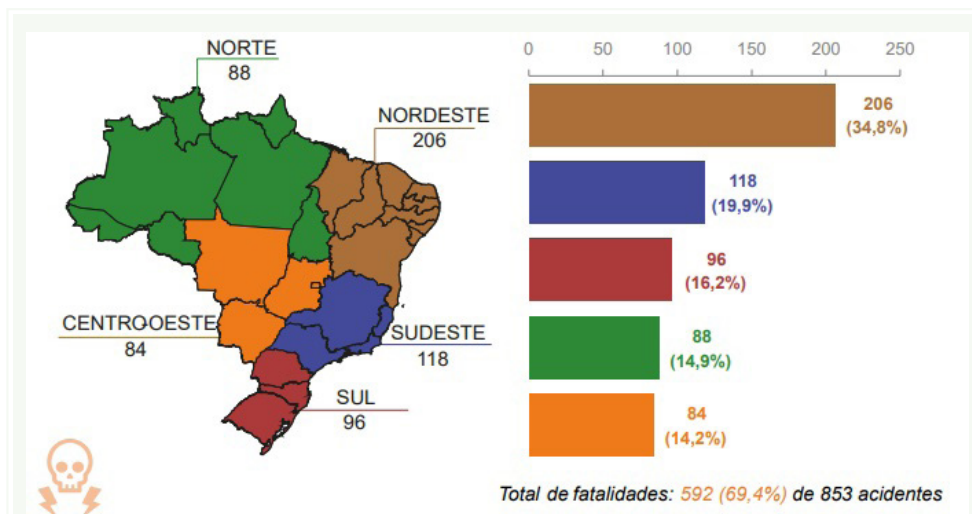


Figura 4 – Choque elétrico com vítimas fatais por região. Fonte: Anuário Estatístico de Acidentes de Origem Elétrica 2023 - Ano base 2022 (DE SOUZA et al., 2023).

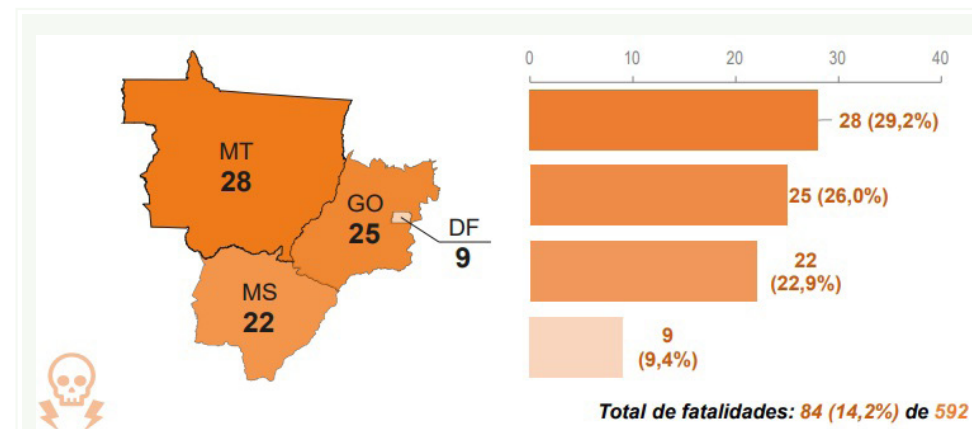


Figura 5 – Choque elétrico com vítimas fatais na região Centro-Oeste. Fonte: Anuário Estatístico de Acidentes de Origem Elétrica 2023 - Ano base 2022 (DE SOUZA et al., 2023).

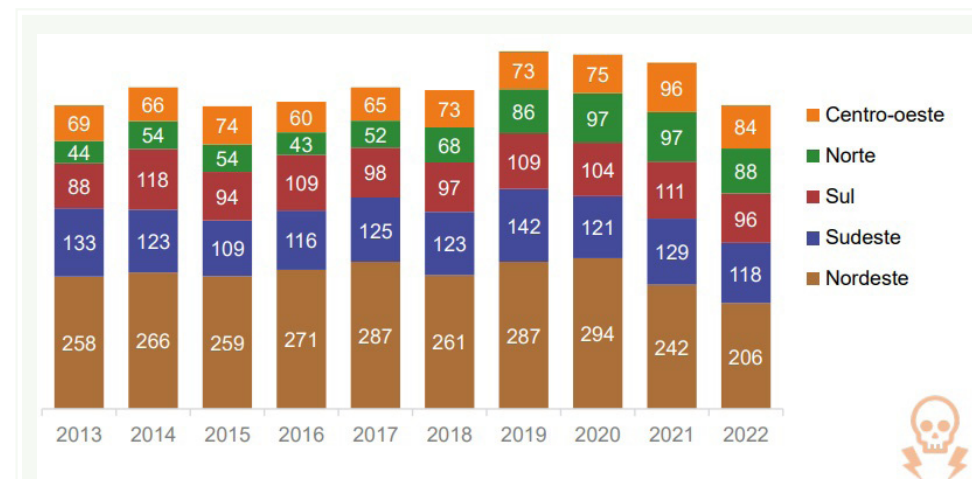


Figura 6 – Mortes por choque elétrico por região - Série histórica. Fonte: Anuário Estatístico de Acidentes de Origem Elétrica 2023 - Ano base 2022 (DE SOUZA et al., 2023).



Figura 7 – Apresentação do modelo para o público na Feira de Ciências do CED GISNO e na Universidade de Brasília. Fonte: autores.

com os maiores casos de acidentes por choques elétricos. A região Centro-oeste, destaque desta análise, possui os menores registros, com 735 acidentes fatais com choque elétrico, bem como aponta um decréscimo em relação ao ano de 2021, com aumento em comparação aos demais anos.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi criar um padrão eficiente de proteção a circuitos elétricos por meio da (1) apresentação de um sistema capaz de reduzir a frequência de acidentes elétricos em residências através da utilização de DPS e IDR no quadro de distribuição de energia elétrica; e da (2) informação ao público e a técnicos sobre a importância de um circuito residencial preventivo, seguro e com todos os componentes necessários.

Métodos e materiais

O projeto foi desenvolvido pelos estudantes da terceira série do ensino médio do CED GISNO (Figura 7). Este trabalho foi produzido durante o ano de 2023 e apresentado na feira de ciências da escola. Posteriormente, o projeto foi selecionado para a etapa regional do Circuito de Ciências das Escolas Públicas do DF, além de também ter sido apresentado na Semana Universitária da Universidade de Brasília.

Foi montado um circuito para apresentar ao público o projeto elétrico criado para uma casa comum com dois quartos, uma sala, um banheiro e uma cozinha. O esquema de montagem é apresentado na Figura 8 e deve ser instalado no quadro elétrico da residência. A proposta pode ser ajustada de acordo com o tamanho da residência, para casas maiores, deve-se aumentar a quantidade de DRs ou disjuntores termomagnéticos dependendo do orçamento

A proteção do circuito é determinada por quatro componentes específicos, e pode ser redimensionada de acordo com a potência total dos eletrodomésticos da casa. Foram utilizados Equipamento de Proteção Individual (EPI) pela equipe tais como, luvas antiestáticas, óculos de proteção, máscaras, uma bancada de testes com disjuntores termomagnéticos para proteção de curtos-sobrecargas e aterramento como fonte de segurança. A Figura 9 mostra como ficou a montagem utilizada para as apresentações.

Foi utilizado um DPS, dispositivo contra transientes, cuja função é impedir que a tensão da rede ultrapasse a tensão nominal determinada pelo dispositivo (275 V ou 175 V dependendo da tensão nominal do dispositivo e que é determinada de acordo com a tensão vinda da concessionária). Dentro deste dispositivo, há um varistor que tem a função de descarregar a tensão elevada para o sistema de aterramento em frações de segundos. Em casos em que a tensão é elevada a um grande nível, o varistor se rompe impedindo a tensão de ultrapassar o circuito. Neste trabalho, o varistor utilizado tem tensão nominal de 130 V com um *dimmer* que tem a função de controlar a tensão. Caso o

varistor se rompa, a tensão foge para o aterramento, acendendo uma lâmpada que está conectada no polo de saída do varistor e ao fio terra, uma vez que a tensão ultrapasse os 130 V, o varistor fecha um curto direcionando-a para a lâmpada que dissipará a potência e, em seguida, redirecionará ao fio terra.

Neste circuito, é utilizado um IDR ou Disjuntor Diferencial que atua contra a fuga de corrente. Este dispositivo detecta a corrente em miliamperes (mA) que vem da fase e retorna em mesma quantidade pelo neutro; caso esta intensidade de corrente não retorne pelo neutro em mesma quantidade de carga, o dispositivo detecta que há uma fuga de corrente, portanto ele desarma, prevenindo que a corrente elétrica tenha uma fuga, e prevenindo assim quaisquer danos a seres vivos. Caso haja falhas na instalação elétrica e tenha fuga no circuito, o Disjuntor Diferencial também desarma, evitando que o relógio elétrico da casa continue funcionando. Desta forma, é possível evitar que a conta de luz aumente. Nesse caso, o circuito elétrico deverá ser inspecionado.

Para simular a atuação do disjuntor diferencial neste estudo, foi utilizada uma salsicha para representar a pele humana e que está equipotencializada ao aterramento, como mostra a Figura 10. Um cabo sai de um disjuntor termomagnético, que não possui proteção contra fugas de corrente. Este cabo é colocado em contato com a superfície da salsicha, fazendo com que a corrente elétrica atravesse a salsicha e fuja para o aterramento, assim, queimando a salsicha no processo. Em seguida, foi ligado

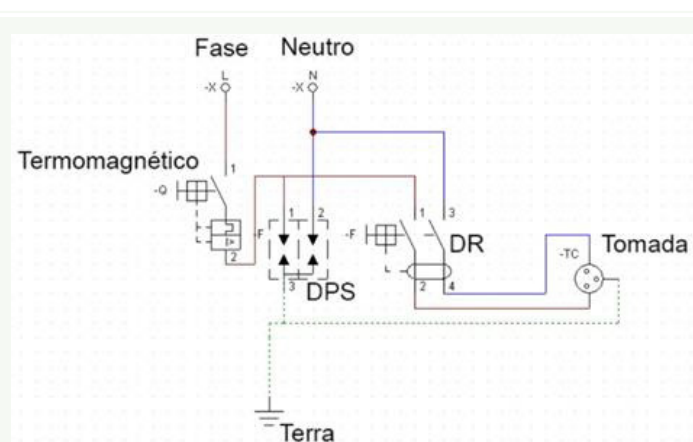


Figura 8 – Simulação do circuito elétrico de uma casa simples com Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA), Interruptor Diferencial Residual (IDR) e Dispositivo de Proteção contra Surtos (DPS).
Fonte: Simulação criada pelos autores através do programa CADE-SIMU (MORAES, [s.d]).

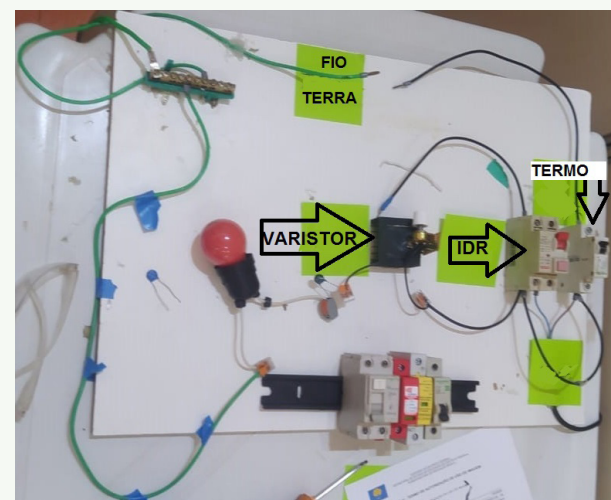


Figura 9 – Circuito montado.
Fonte: autores.

um disjuntor diferencial que irá desarmar assim que entrar em contato com a salsicha equipotencializada. Logo, a corrente elétrica que passa do terminal de fase do Disjuntor Diferencial não retorna para o neutro e foge para o fio terra, identificando assim uma fuga de corrente e desarmando.

O Disjuntor Termomagnético citado acima é um dispositivo básico que atua sobre curtos-circuitos e correntes nominais acima do redimensionado. Em seu interior existe um detector Termomagnético que detecta a corrente que está passando pelo circuito, e, caso essa seja maior que a corrente nominal do disjuntor, ele desarma por sobrecarga. Adicionalmente, em função da temperatura, seu sensor térmico impede que o disjuntor funcione, caso a temperatura do cabo ultrapasse o limite estabelecido, evitando assim um incêndio. Sendo assim, o disjuntor termomagnético é essencial para garantir uma boa proteção e para realizar um dimensionamento de cargas dentro da residência.

A nossa simulação de sobrecarga foi realizada em duas etapas: (1) sobrecarga por equipamentos elétricos e (2) sobrecarga por curtos-circuitos. Para primeira simulação de sobrecarga por equipamentos elétricos, foi utilizado duas resistências de chuveiros: aproximadamente 5400 W para um disjuntor curva C 20 A. O disjuntor, após poucos segundos, desarmava e notou-se que a corrente registrada pelo multímetro era excedente aos 49 A e que os condutores esquentaram. Na segunda etapa, foi realizado um curto circuito e, em milésimos de segundos, o disjuntor desarmou e os condutores de cobre se uniram, devido ao alto calor da corrente elétrica.

Quanto ao aterramento, foi utilizada uma haste fincada ao solo (a fim de formar uma gaiola de Faraday) com um cabo chamado fio terra, no intuito de fazer com que a resistência e diferença de potencial entre a terra e o padrão sejam as menores possíveis (segundo a primeira lei de Ohm). Seguindo estes princípios, o aterramento faz a troca de elétrons entre o solo e o sistema, fazendo com que elimine as descargas elétricas, proteja o circuito elétrico e previna fugas de correntes ao ser vivo. Para o projeto, foi utilizado apenas uma. Foi realizado também o dimensionamento de cabos, um processo para determinar qual diâmetro do cabo a ser utilizado no circuito. Por exemplo, para instalar um chuveiro de 7500

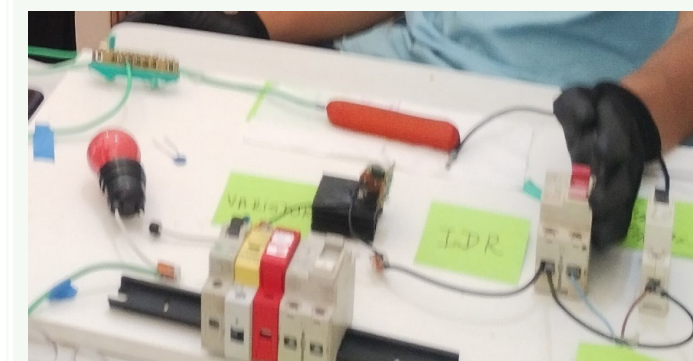


Figura 10 – Simulação com a salsicha.
Fonte: autores.

W em um banheiro de uma casa é necessário que ao menos o cabo que vá para este banheiro seja de 6 mm² de diâmetro.

Para a montagem do circuito foram utilizados os seguintes materiais: dois IDR (Interruptor Diferencial); dois DPS (Limitador de sobretensão); dois Disjuntores Termomagnéticos; um *dimmer* - circuito com potenciômetro B10k (ohms); diacs; diodos; resistências; um terminal de aterramento; uma haste de aterramento 5/8 de 2 m; um cabo de tomada ponta viva; quatro cabos 2,5 mm para os barramentos de fase; quatro conectores de emenda (Bornes) Wago 20 A 2 polos; uma lâmpada colorida de filamento 15 W (com mais 1 reserva); um varistor 10 k 130 V (11 reservas); dois cabos de aterramento 2,5 mm; oito terminais olhais 2,5 mm; um terminal de compressão para 2,5 mm; cola quente; ferro de solda; chaves de fenda e Philips; alicate; salsichas; um suporte de encaixo de disjuntores; tábua de bancada; fita isolante; multímetro Fluke-302; luvas antiestáticas; óculos de proteção; parafuso de suporte ao *dimmer* e parafusadeira.

Resultados e Discussões

Prevenção de choques elétricos

Para evitar choques, propõe-se o uso de um Interruptor Diferencial Residual (IDR) que atua contra a fuga de corrente. Este disjuntor diferencial detecta a corrente em miliamperes (mA) que passa no polo fase e detecta se a mesma intensidade de corrente passa pelo neutro novamente, caso esta corrente não retorne pelo neutro em mesma quantidade, o dispositivo detecta que

há uma fuga de corrente, portanto ele desarma, prevenindo a passagem de corrente pelo corpo humano. A ideia é que a substituição de disjuntores comuns por disjuntores diferenciais no quadro de luz de qualquer residência não aumentaria as despesas de instalação e resolveria o problema de choques.

Prevenção contra descargas atmosféricas

Para evitar as sobrecargas causadas por quedas de raios, propõe-se o uso de limitador de sobretensão. Este Dispositivo de Proteção contra Surtos (DPS) impede que a tensão da rede ultrapasse a tensão nominal determinada pelo dispositivo. Dentro deste dispositivo, há um varistor que tem a função de descarregar a tensão elevada para o sistema de aterramento em frações de segundos. Em casos em que a tensão é elevada a uma grande voltagem, o varistor se rompe impedindo a tensão de ultrapassar o circuito. Neste trabalho, o varistor tem tensão nominal de 130 V com um *dimmer*, um controlador a tensão. Para a demonstração, caso o varistor se rompa, a tensão vai para o fio terra e acende uma lâmpada na nossa maquete. Como podemos verificar na montagem representada na Figura 10.

Prevenção contra curto-circuito

Para evitar incêndios por curtos-circuitos propõe-se o uso de disjuntor termomagnético. Este dispositivo tem no seu interior um detector magnético que mede a corrente que está passando pelo circuito, e caso ela seja maior que a corrente nominal do disjuntor, ele desarma por sobrecarga. Tal disjuntor é essencial para garantir um bom dimensionamento de cargas dentro da residência, embora não seja usado. Na nossa simulação, uma sobrecarga foi gerada provocando um curto e foi demonstrado que a corrente excedente do limite no componente gera um aquecimento do condutor.

Outro procedimento importante para evitar superaquecimentos é fazer um bom dimensionamento de cabos, isto é, determinar qual diâmetro do cabo a ser utilizado no circuito. O diâmetro do cabo está relacionado com a segunda lei de Ohm, onde a resistência do condutor diminuirá

quando sua área e seu comprimento forem maiores e seu material com menor resistência elétrica. Por exemplo, no banheiro de uma casa onde é instalado um chuveiro de 7500 W é necessário que o cabo que vá para este banheiro seja de, ao menos, 6 mm² de diâmetro. Do contrário, a resistência gerada no condutor gera um impasse entre a tensão e a corrente, fazendo com que haja colisões entre seus elétrons (efeito Joule) e, conseqüentemente, produzindo calor, podendo vir a derreter o revestimento do fio e gerando curtos com os demais condutores e até mesmo causar incêndios. Para a descarga da sobretensão, foi usada uma haste fincada ao solo com um cabo chamado fio terra, cujo objetivo principal é fazer com que a resistência e diferença de potencial entre a terra e o padrão seja a menor possível (seguindo a primeira lei de ohm).

Os acidentes domésticos estão em crescimento nos últimos anos, com destaque para os casos de choques elétricos e de descargas atmosféricas. No ano de 2017, a Fundação Oswaldo Cruz em parceria com o Instituto Veredas, FAPDF e Corpo de Bombeiros do Distrito Federal publicou o edital de Seleção Pública de Propostas de Pesquisas Sobre Segurança Pública e, em 2019, foi publicado o Relatório de Prevenção de Acidentes Domésticos no Distrito Federal (BARRETO, 2019). O documento evidencia a necessidade de esforços na prevenção de acidentes que podem evoluir para fatalidades. Neste sentido, este projeto foi desenvolvido como uma proposta de adequação dos ambientes domésticos para prevenção de acidentes.

O presente artigo buscou apresentar um padrão eficiente de proteção a circuitos elétricos, fundamentado na análise dos dados apresentados pela ABRACOPEL (DE SOUZA *et al.*, 2023). Esta apresenta o panorama das ocorrências de choques elétricos e descargas atmosféricas ocorridas no território brasileiro, com destaque para região do Centro-Oeste, onde está localizado o Distrito Federal. Em uma análise sobre os dados, percebe-se que o Distrito Federal em relação aos demais estados, possui um baixo índice de ocorrências. Entende-se que o incentivo a projetos junto às instituições de ensino potencializam as discussões que visam propor soluções para o enfrentamento dos acidentes.

Considerações finais

Neste projeto, foi prototipado e construído fisicamente um sistema de segurança no circuito elétrico residencial de baixo custo, de modo a prevenir os acidentes elétricos mais comuns tais como choques elétricos e descargas atmosféricas. A ideia é prevenir acidentes comuns por meio do uso de dispositivos como DPS, IDR e SPDA, na montagem dos circuitos elétricos domésticos de modo a prevenir surtos elétricos, variações de tensão e descargas atmosféricas. O sistema proposto se mostra promissor pela eficiência e facilidade de implementação além do baixo custo. ☺

Referências bibliográficas

- BARBOSA, Tássia Duarte. **Proteção contra descargas atmosféricas de edificações utilizando a ferragem estrutural**. Belo Horizonte (MG), 2014. 1 p. Disponível em: <https://www2.dee.cefetmg.br/wpcontent/uploads/sites/18/2017/11/TCC_2014_2_TDBarbosa.pdf>. Acesso em 14 out.2023.
- BARRETO, Jorge Otávio Maia. **Relatório de Prevenção de Acidentes Domésticos no Distrito Federal**. Brasília - DF 2019. 1 p. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/handle/icict/36920/Edital_FAPDF_072017_relatorio_acidentes_dom%20c3%a9sticos.pdf?sequence=2&isAllowed=y>. Acesso em 14 out. 2023.
- DE SOUZA, Danilo Ferreira; MARTINHO, Edson; MARTINHO, Meire Biudes; MARTINS JR. Walter Aguiar (Org.). **Anuário estatístico de acidentes de origem elétrica 2023 – Ano base 2022**. Salto-SP: ABRACOPEL, 2023. DOI: 10.29327/5194308.
- MORAES, Everton. **Programa CADE-SIMU**. Disponível para download em: <<https://www.cadesimu.net/>>. Acesso em 8 ago de 2023.