



1933

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA**

**Método de ensino para disseminação do conteúdo de descargas elétricas
e sistemas de proteção**

Aluno: Thiago Silva Almeida

Orientador: Prof. Dr. Lauro Paulo da Silva Neto

Co-orientador: Prof. Dr. Matheus Cardoso Moraes

Trabalho apresentada ao Instituto de Ciência e Tecnologia da Universidade Federal de São Paulo como requisito parcial para obtenção do título de Graduação em Engenharia Biomédica.

São José dos Campos, SP.



Trabalho apresentada ao Instituto de Ciência e Tecnologia da Universidade Federal de São Paulo como requisito parcial para obtenção do título de Graduação em Engenharia Biomédica.



FOLHA DE APROVAÇÃO

Thiago Silva Almeida

Método de ensino para disseminação do conteúdo de descargas elétricas e sistemas de proteção

Trabalho apresentada ao Instituto de Ciência e Tecnologia da Universidade Federal de São Paulo como requisito parcial para obtenção do título de Graduação em Engenharia Biomédica.

São José dos Campos, 01 de julho de 2023.

Banca Avaliadora

Prof. Dr. Carlos Marcelo Gurjão de Godoy
(Presidente - Unifesp)

Prof. Dr. Sergio Ronaldo Barros Dos Santos
(Membro 1 - Unifesp)

Prof. Dr. André Marcorin de Oliveira
(Membro 2 - Unifesp)



Elaborado por sistema de geração automática com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Silva Almeida, Thiago

Método de ensino para disseminação do conteúdo de descargas elétricas sistemas de proteção/ Thiago Silva Almeida

Orientador(a) Prof. Dr. Lauro Paulo da Silva Neto; Coorientador(a) Prof. Dr. Matheus Cardoso Moraes-São José dos Campos, 2023.

10 p.

Trabalho de Conclusão de Curso-Engenharia Biomédica-Universidade Federalde São Paulo-Instituto de Ciência e Tecnologia, 2023.

1. Proteção contra raios. 2. Introdução às descargas elétricas. 3. Métodos de ensino e aprendizado. I. Paulo da Silva Neto, Prof. Dr. Lauro, orientador(a). II. Cardoso Moraes, Prof. Dr. Matheus, coorientador(a). III. Título.

Método de ensino para disseminação do conteúdo de descargas elétricas e sistemas de proteção

Thiago Silva Almeida, Prof. Dr. Lauro Paulo da Silva Neto, Prof. Dr. Matheus Cardoso Moraes

Instituto de Ciência e Tecnologia da Unifesp

Resumo

Este trabalho de graduação aborda o tema das descargas elétricas, fornecendo uma introdução teórica e prática sobre o fenômeno, ferramentas de proteção contra riscos elétricos em instalações e equipamentos. O trabalho também apresenta aplicações de proteção elétrica em diversas áreas e enfatiza a importância da disseminação do conhecimento sobre o assunto para prevenir danos e acidentes decorrentes desses fenômenos.

Abstract

This undergraduate thesis addresses the topic of electrical discharges, providing a theoretical and practical introduction to the phenomenon and tools for protection against electrical hazards in installations and equipment. The paper also presents applications of electrical protection in various areas and emphasizes the importance of disseminating knowledge about the subject to prevent damage and accidents resulting from these phenomena.

Palavras-chave: descargas elétricas, proteção elétrica, sistemas de proteção contra descargas atmosféricas, riscos elétricos, disseminação de conhecimento.

A. Objetivos gerais

O objetivo desse trabalho é apresentar o tema de descargas elétricas, com o intuito de fornecer conhecimentos teóricos e práticos sobre os fenômenos atmosféricos e as ferramentas de proteção que ajudam a população a proteger suas vidas e seus bens.

I. INTRODUÇÃO

O Brasil é o país com a maior incidência de raios no mundo, com uma ocorrência em média de 70 a 80 milhões de descargas elétricas anuais. Um dos grandes motivos dessa grande quantidade de descargas é a sua localização. [1]

O Brasil é o país com a maior área que está localizado em uma zona tropical, sendo essa a região com clima e temperaturas mais quentes do globo, tais fatores favorecem a

formação de nuvens e tempestades, e por consequência a incidência de descargas atmosféricas, popularmente conhecidas como raios. Dentro do Brasil, a região sudeste é a mais afetada pelo fenômeno, por conta das condições criadas pela floresta Amazônica. Descargas elétricas são fenômenos naturais muito frequentes. O mapa de quantidade de descargas elétricas pode ser visto na figura 1. [2] [3]

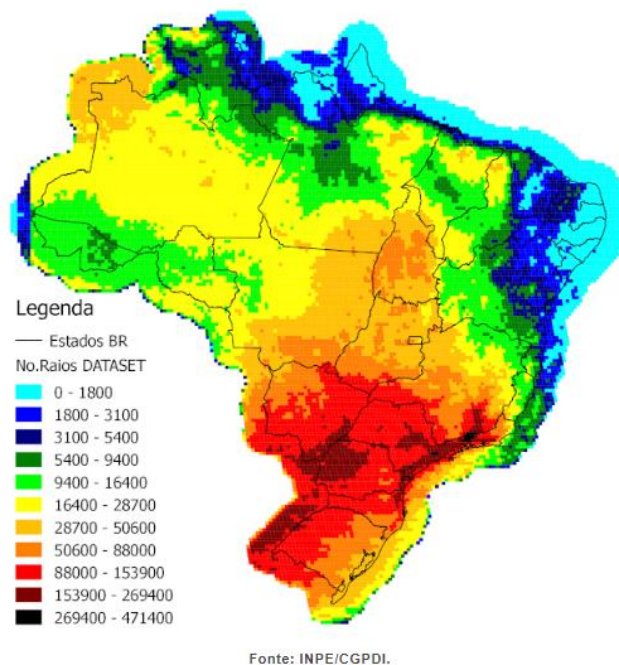


Figura. 1 Mapa de calor da quantidade de descargas elétricas no Brasil. [4]

Embora sejam um espetáculo impressionante de se presenciar na natureza, raios podem trazer muitos perigos e provocar sérios danos às instalações elétricas, equipamentos, construções e seres vivos. Por esse motivo, é de grande importância o estudo e desenvolvimento de métodos que possam proteger pessoas e estruturas contra os impactos das descargas elétricas, tais como Sistemas de Proteção contra Descargas Atmosféricas, SPDA, blindagem de cabos e equipamentos e a infraestrutura de uma forma geral.

A. Referencial teórico

Descargas atmosféricas são descargas elétricas que percorrem uma grande distância, equivalente a alguns quilômetros, e de grande intensidade, podendo conter correntes superiores a um quilo ampere. Tais eventos acontecem devido ao atrito entre as partículas de ar, água e gelo nas nuvens que gera uma eletrificação da mesma, tendo então suas cargas elétricas separadas de modo em que os lados opostos da nuvem tenham cargas de sinais opostos. [5]

As descargas atmosféricas podem acontecer entre diferentes meios, desde que os mesmos tenham uma grande diferença de potencial elétrico, seja entre a nuvem ou o solo, entre duas nuvens ou até mesmo outro ponto qualquer na atmosfera. As descargas entre duas nuvens, denominadas de intra-nuvens, são as mais comuns, chegando a cerca de 70% do número de descargas, tal fato ocorre em grande parte devido ao fato de que a capacidade dielétrica do ar diminui com a altitude e a densidade do ar, e em parte também pela proximidade das cargas opostas dentro das nuvens. [5]

O segundo tipo mais comum de raio são as descargas nuvem-solo, eles podem ser divididos em duas classificações, os de carga negativa e de carga positiva. Os raios de carga negativa somam cerca de 90% dos raios, essa categoria de descarga elétrica ocorre pela transferência de cargas negativas de uma região dentro da nuvem carregada negativamente para o solo, que é neutro, já no caso dos raios positivos ocorre o inverso, as cargas negativas vão do solo para a nuvem que está carregada positivamente, mas popularmente se fala que as cargas positivas são transferidas para o solo. [5]

O primeiro processo que ocorre no evento que se torna o raio é a polarização da nuvem, sendo dividida entre cargas positivas de um lado e cargas negativas de outro, em seguida uma descarga elétrica, na maioria das vezes não visível, chamada de líder escalonado, deixa a nuvem em direção ao solo procurando por alguns microssegundos o caminho com a menor resistência até o solo, podendo chegar a velocidades de até 400 mil km/h. Quando o líder escalonado chega a uma distância de algumas dezenas de metros do solo o potencial elétrico produzido é tão grande que causa a ruptura dielétrica do ar, que o torna condutor. Toda essa energia potencial gera os raios ascendentes (que sobem do solo para a atmosfera), chamados de líderes conectantes. O momento em que os líderes escalonados e os líderes conectantes se encontram é onde se produz a maior quantidade de luz visível dos raios, os relâmpagos, esse processo pode ser observado em detalhes na Figura 2. Os raios são eventos muito rápidos e quentes, toda essa velocidade e temperatura, que chega em torno de 50 mil graus Celsius, cerca de 10 vezes mais quente que a superfície do sol, faz com que o ar no entorno do raio se

expanda rápida e violentamente gerando o barulho do trovão. [5] [6]

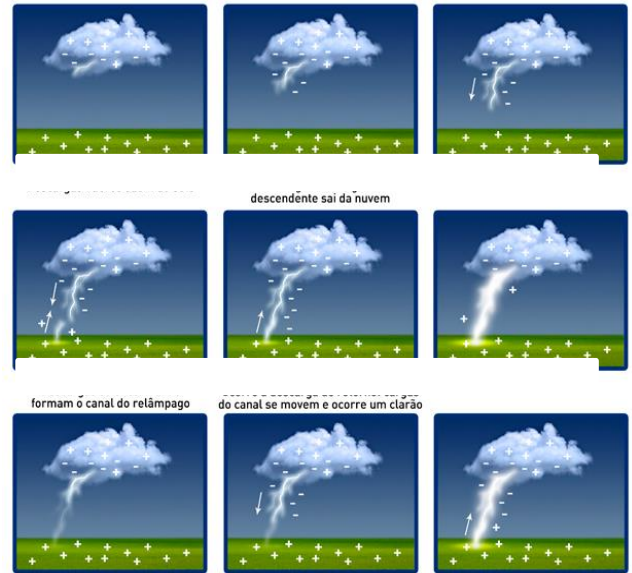


Figura. 2 Processo de formação de uma descarga elétrica. [7]

Um outro evento natural semelhante ao raio, mas com uma ocorrência muito mais rara é o raio vermelho, também conhecido como SPRITE, esse nome é um acrônimo em inglês, *Stratospheric Perturbations Resulting from Intense Thunderstorm Electrification*, que significa: perturbação estratosférica resultante da eletrificação causada por intensas tempestades de raios. Tais eventos, ao contrário dos raios comuns que se estendem das nuvens para o solo, são direcionadas para as partes mais elevadas da atmosfera. O processo de formação desse evento é muito parecido com os raios normais, com um acúmulo de cargas elétricas nas nuvens, mas neste caso a corrente é descarregada para a ionosfera, cerca de 80 quilômetros de altitude, as SPRITES geralmente são vermelhas, mas também podem ser azuis, dependendo de onde ocorrem, e podem ter cerca de 50 quilômetros de comprimento, como pode ser observado na Figura 3. Outros tipos incomuns de descargas elétricas atmosféricas são o raio bola e os ELVES (ou eventos luminosos transientes), são eventos muito raros e pouco se sabe sobre sua formação. [8] [9]



Figura. 3 Imagem de uma SPRITE. [10]

B. Perigos

Como visto previamente os raios são eventos com um potencial elétrico muito elevado, e se alguma pessoa for atingida por uma dessas descargas as consequências podem ser graves ou fatais, a exposição a corrente elétrica intensa pode causar sérias queimaduras, danos aos órgãos internos, principalmente ao coração e ao sistema nervoso central. A chance de se sobreviver a um desses eventos é de aproximadamente 2%. [2]

Não é somente a descarga que se observa no céu que apresenta uma ameaça, correntes elétricas que se propagam no solo perto de onde um raio atingiu também podem ser mortais, tais eventos são denominados de descargas laterais. [2]

Outros perigos que os raios podem apresentar são contra instalações prediais, devido a sua magnitude podem causar sérios danos estruturais, incêndios, danos elétricos e até explosões se não forem feitas as devidas proteções, como pode ser visto na Figura 4.



Figura. 4 Dano causado por raio a uma casa. [11]

C. Sistemas de Proteção

Os Sistemas de Proteção contra Descargas Atmosféricas, SPDAs, mais popularmente conhecidos como para-raios, são um arranjo de dispositivos e estruturas projetados para proteger construções, edificações e equipamentos contra os efeitos das descargas atmosféricas. Existem diferentes tipos de SPDAs, mas todos possuem os mesmos tipos de componente, um captor, condutores e um sistema de aterramento.[12]

Existem 3 métodos principais de proteção contra descargas atmosféricas, a Gaiola de Faraday, o método de Franklin e o método da esfera rolante, ou método eletro geométrico, cada um possui uma aplicação mais indicada.

O método Gaiola de Faraday, mais aconselhado para estruturas com uma grande área horizontal, como indústrias e galpões, consiste em um sistema de captores formados por seções horizontais interligadas com seções verticais no formato de uma malha fechada, gerando assim no interior da gaiola um campo nulo. No método Gaiola de Faraday quanto menor a distância entre os condutores da malha maior a proteção contra descargas atmosféricas. Esse modelo também é utilizado com outros propósitos, como a blindagem de salas de exame de ressonância magnética. Uma representação do modelo Gaiola de Faraday pode ser vista na Figura 5. [13]

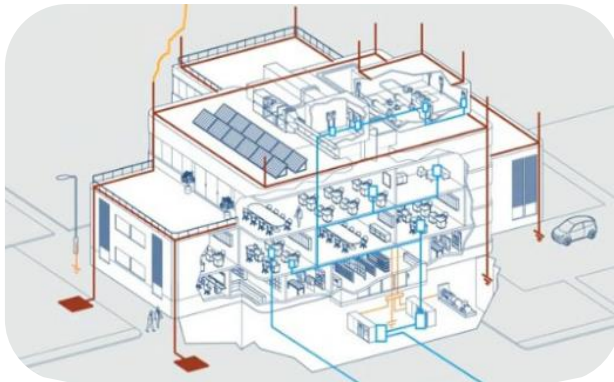


Figura. 5 Representação do modelo Gaiola de Faraday. [14]

O método de Franklin, utilizado em edificações com menores áreas horizontais, como pequenos prédios e outras estruturas, é o modelo mais famoso de para-raios, sendo composto por um longo captor, protegendo o volume de um cone com o vértice na ponta da haste captora, e com um ângulo de proteção de aproximadamente 25° . Devido a esse ângulo, construções muito largas precisariam de uma haste com uma altura muito elevada, devido a isso este método vem sendo menos utilizado em edifícios. Uma representação do modelo de Franklin pode ser vista na Figura 6. [12]

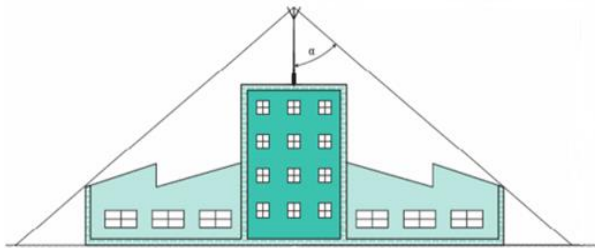


Figura. 6 Representação do modelo de captura de Franklin. [15]

O terceiro e último, é o método das Esferas Rolantes, ou Método Eletro geométrico, é o método mais recente dentre os três apresentados, é utilizado em edificações com arquiteturas mais complexas e/ou alturas elevadas. O método consiste em uma evolução do método de Franklin, ele consiste em rodar uma esfera fictícia em todas as direções possíveis a partir do ponto onde o captor está, cada ponto em que a esfera tocar na estrutura será um ponto em que o raio poderá atingir, necessitando assim da instalação de outro ponto de proteção. Uma representação do modelo eletrogeométrico pode ser vista na Figura 7. [16]

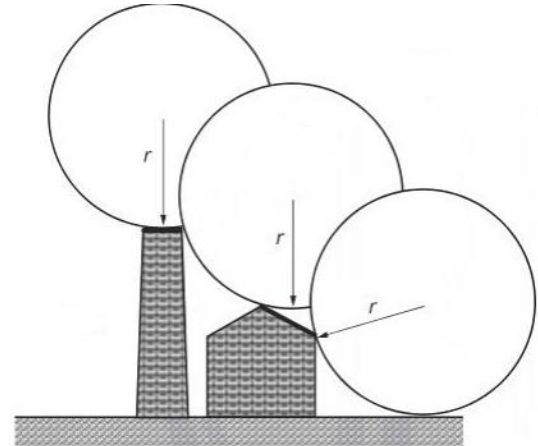


Figura. 7 Representação do modelo eletrogeométrico. [17]

Todos os três métodos necessitam de uma malha de aterramento, que é conectada diretamente com as hastes captoras. A quantidade e profundidade das hastes na malha aterrada depende da resistividade do solo, e do tamanho da estrutura que será protegida. [12]

D. Conscientização

Mesmo que as descargas elétricas sejam eventos muito recorrentes no Brasil, muitas pessoas ainda desconhecem os riscos associados e não sabem se proteger adequadamente. A conscientização e o ensino sobre os raios e como se proteger adequadamente ainda são limitados.

Algumas instituições e órgãos governamentais, como o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE, e a Agência Nacional de Energia Elétrica, ANEEL, promovem campanhas para difundir o ensino e a conscientização do assunto.

No entanto, ainda há um longo caminho a percorrer para a total conscientização da população sobre o tema, especialmente nas regiões mais vulneráveis. O ensino nas escolas e a capacitação dos profissionais da área também podem ser aprimorados para difundir o conhecimento e prevenir acidentes.

A partir desses pontos destacados foi planejado um projeto que tem como objetivo apresentar o tema de descargas elétricas, sua formação e como se proteger das mesmas. O conteúdo será apresentado no formato de uma cartilha e de uma vídeo-aula.

II. MATERIAIS E MÉTODOS

A. Pré-projeto

A metodologia do presente trabalho foi desenvolvida com o intuito de ser disseminada utilizando dois métodos de divulgação: vídeo-aula e cartilha. Para o desenvolvimento do projeto foi utilizada como base a cartilha “Proteção Contra Raios” disponibilizada pelo INPE em seu site. [18] O novo material desenvolvido será utilizado como apoio durante a aula para os alunos.

A cartilha disponibilizada pelo INPE pode ser utilizada como parte da fundamentação teórica do tema, pois aborda muito bem os diferentes tópicos que envolvem descargas elétricas e como se proteger delas, mas possui muito texto e poucas referências visuais, que facilitariam o entendimento do aluno. Em decorrência desse ponto a cartilha apresentada nesse trabalho será mais visual, com menos texto e um vocabulário mais simples, para obter uma abrangência maior, independentemente do nível de educação do aluno.

Para a vídeo-aula foram utilizados *slides* para auxiliar a visualização do conteúdo por parte dos alunos

B. Vídeo-aula

A vídeo-aula possui 20 minutos de duração e aborda tópicos mais relevantes sobre o tema de descargas elétricas. Além disso, a mesma apresenta o intuito de ser objetiva e ao mesmo tempo não esgotar o assunto do tema para pessoas leigas, buscando assim utilizar uma linguagem mais simples e abordando tópicos de grande impacto para a sociedade, de forma a difundir os perigos deste evento natural e métodos de se proteger do mesmo, caso a pessoa se encontre nessas condições.

Abordando pontos mais profundos e utilizando termos técnicos, diferente da cartilha, que foi desenvolvida para que fosse de fácil entendimento, sem muitos termos complexos ou específicos da física, porém mantendo um nível de fácil compreensão, a vídeo-aula abrange diferentes exemplos de cada tópico, sendo uma forma de ensino mais dinâmica, utilizando de slides como material de apoio, que abordarão os mesmos tópicos da cartilha. Para o desenvolvimento da vídeo-aula, foram separados os seis tópicos a seguir:

1. Conscientização sobre raios.
2. Formação dos raios.
3. Perigos dos raios.
4. O que fazer para se proteger.
5. Métodos de prevenção contra acidentes.
6. Curiosidades.

Para cada um dos tópicos citados acima, foi escrito um breve texto que evidencia as principais informações do assunto, juntamente com ilustrações e imagens que representam o conteúdo abordado. Alguns tópicos possuem subcategorias que explicam alguns detalhes específicos, como acontece no tópico três, que como visto no referencial teórico possui diferentes tipos de proteção pessoal e de edificações, o tópico quatro aborda diferentes cenários que podem ocorrer e o que fazer quando se encontrar em algum deles, já o tópico cinco apresenta os métodos de prevenção e o sexto fecha a cartilha com curiosidades relacionadas ao tema.

A versão final da vídeo-aula juntamente com os slides pode ser encontrada no link a seguir:

https://drive.google.com/drive/folders/19GENjuugGUrM8tVKyGJ8-ZOyNi8Jbm0?usp=drive_link

O vídeo também está disponível no YouTube, pelo link: <https://youtu.be/hH4BJVKJemw>

C. Cartilha

A cartilha foi criada para ser divulgada virtualmente, uma vez que diminui custos de impressão e distribuição, facilitando o acesso e disseminação da mesma.

O conteúdo foi preparado como complemento à vídeo-aula. A mesma funciona como um compilado do conteúdo citado anteriormente, para que seja consumida de uma forma mais dinâmica e rápida, uma vez que o vídeo tem 20 minutos de duração. A linguagem utilizada na cartilha partilha do mesmo princípio utilizado na vídeo-aula, para que seja simples, objetiva e de fácil entendimento.

A versão final da cartilha pode ser encontrada no link a seguir:

https://drive.google.com/drive/folders/19GENjuugGUrM8tVKyGJ8-ZOyNi8Jbm0?usp=drive_link

D. Formulário de feedback

Para averiguar a aceitação e efetividade da cartilha, juntamente com a vídeo-aula, foi desenvolvido um formulário através da plataforma *Google Forms*, a pesquisa conta com quatro perguntas, e foi realizada com o intuito de compreender melhor o que os alunos que entraram em contato com o material acharam.

Os dados foram coletados ao longo de uma semana e contou com com 15 participantes. O público alvo consistiu basicamente de alunos de graduação, familiares e amigos próximos. A pesquisa possui um formato quantitativo, focando no resultado geral, por esse motivo não foi questionado nome, idade ou qualquer outro dado pessoal dos participantes.

As perguntas do formulário foram feitas para reinterar e reafirmar se o objetivo do projeto estavam sendo alcançados, focando em cada um dos pontos principais do projeto, que são facilidade de compreensão, fácil divulgação, utilidade e o conhecimento prévio dos alunos.

O formulário se encontra no link:

<https://forms.gle/CVReBhHbHT93vSsE8>

III. RESULTADOS

Para verificar a aplicabilidade e a aceitação do material foi desenvolvido um formulário e enviado para um grupo de teste, juntamente com a cartilha e a vídeo-aula, descritos acima. As perguntas do formulário serviram para entrar em detalhes sobre alguns pontos chave que poderiam atrapalhar a divulgação e compreensão do material.

A primeira pergunta foi feita par verificar a utilidade do material para com o público, tendo então o segundo resultado, disponível na Figura 8.

A cartilha e a vídeo-aula foram úteis para você?

15 respostas

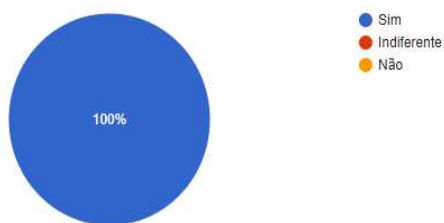


Figura. 8 Gráfico resultante da primeira pergunta do formulário

A partir do gráfico é possível verificar que o material foi amplamente aceito pelo grupo de teste.

Em seguida o grupo foi questionado sobre a linguagem utilizada no material, os resultados podem ser observados na Figura 9.

A linguagem adotada na cartilha e vídeo-aula foram de fácil entendimento?

15 respostas

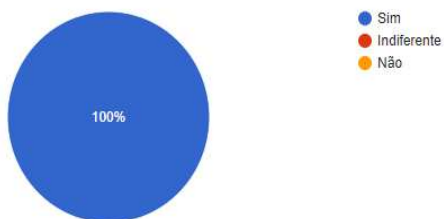


Figura. 9 Gráfico resultante da segunda pergunta do formulário

A partir das respostas e pelo gráfico é possível confirmar que a linguagem utilizada no material é de fácil entendimento.

Em seguida o grupo foi questionado sobre o conhecimento que já possuíam no assunto, anterior à apresentação ao material, apresentando assim o resultado que se observa na Figura 10.

Você já conhecia algum dos conceitos apresentados

15 respostas

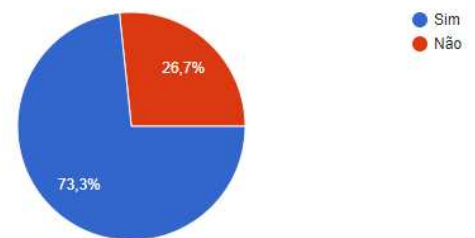


Figura. 10 Gráfico resultante da terceira pergunta do formulário

A partir do gráfico é possível observar que grande parte do grupo de teste já tinha um conhecimento prévio no assunto, não especificado o nível ou profundidade do conhecimento. Tal resultado agrega no desenvolvimento do projeto pois mostra que pelo menos uma parcela do grupo de teste, que não tinham conhecimento do que foi mostrado no material, realmente se interessou e aprendeu com o mesmo. No outro lado do espectro, as pessoas que já tinham algum conhecimento prévio sobre o assunto também avaliaram bem o material, mostrando sua efetividade em diferentes públicos.

Por fim foi questionada a intenção do grupo de compartilhar o material com amigos e familiares, como pode ser observado na Figura 11.

Você compartilharia as informações da cartilha e vídeo-aula com amigos e familiares?

15 respostas

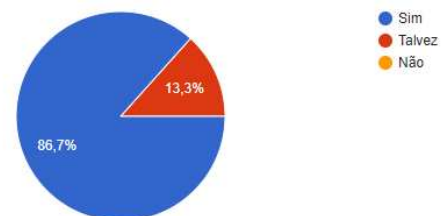


Figura. 11 Gráfico resultante da quarta pergunta

A partir do gráfico acima é possível perceber que o material possivelmente tem um grande potencial de ser

difundido para a população, visto no resultado da pergunta que mostra que 86,7% do grupo de teste compartilharia o material e 13,3% talvez compartilhasse.

Um ponto importante para se ter em mente é a receptividade dos alunos com o conteúdo, de uma maneira que seja apelativo e educacional ao mesmo tempo. Caso a didática ou o material não consiga um bom engajamento dos alunos futuramente podem ser empregadas alterações e correções.

Todo esse estudo foi feito para verificar a eficácia dos métodos utilizados ao passar o conteúdo, de modo que sua transmissão seja a mais didática e fluida possível.

IV. DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

Para a conclusão deste projeto foram abordadas diferentes facetas de um curso sobre descargas elétricas atmosféricas, que tem como objetivo principal fornecer conhecimentos básicos teóricos e práticos para identificar, prevenir e se proteger contra os riscos dos raios.

Durante o desenvolvimento do material foi feito um estudo criterioso, desde a pesquisa inicial até a criação do conteúdo físico e midiático de forma que o curso conseguisse abranger os principais conceitos relacionados ao evento que é um raio, dando aos participantes e alunos um embasamento básico nos conceitos. Além disso foram incluídos exemplos práticos, estudos de casos com o objetivo de capacitar os alunos a aplicarem o conhecimento adquirido em aula no mundo real.

Ao rever os objetivos traçados no início deste projeto, é possível afirmar que foram alcançados, o curso conseguiu abordar os perigos das descargas elétricas atmosféricas, passando informações sobre como se proteger e se prevenir dos perigos que esses eventos trazem.

A conscientização sobre os perigos dos raios é fundamental para a segurança da população, mas também pode ajudar a aumentar a segurança de trabalhadores, juntamente com a preservação de equipamentos e estruturas. Com esse foco os resultados do presente trabalho também podem ser aplicados em empresas e áreas rurais, tendo um potencial de serem aplicadas como cursos de segurança e capacitação, garantindo um ambiente mais seguro para se trabalhar.

Embora o presente trabalho tenha alcançado os objetivos ainda existem algumas limitações, seja de tempo, de recursos ou até de localização, já que não pode atingir algumas áreas que mais precisam do conhecimento.

Enfim, é esperado que este projeto cumpra seu dever social, compartilhando e expandindo o conhecimento sobre descargas elétricas e as ferramentas e métodos para se proteger das mesmas.

AGRADESCIMENTOS

Primeiramente gostaria de estender minha gratidão aos meus colegas de curso, amigos e familiares, que me apoiaram em minha jornada. Mas gostaria de agradecer principalmente ao meu orientador Prof. Dr. Lauro Paulo da Silva Neto pela paciência e dedicação nos últimos anos que possibilitou a conclusão deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ELAT (Grupo de Eletricidade Atmosférica) INPE. Disponível em: <http://www.inpe.br/webelat/homepage/menu/el.atm/perguntas_e.respostas.php>. Acesso em: 30 maio 2023.
2. Ministério da Saúde. Acidentes com raios. Disponível em: <<http://www.inpe.br/webelat/rindat/menu/desc.atm/>>. Acesso em: 30 maio 2023.
3. Ergues, Jennifer. TechMundo. Por que o Brasil é o país com maior incidência de raios no mundo? Disponível em: <<https://www.tecmundo.com.br/ciencia/235487-brasil-o-pais-maior-incidencia-raios-mundo.htm#:~:text=Voc%C3%A9%20sabia%20que%20o%20Brasil,pre-sentes%20na%20atmosfera%2C%20ao%20solo>>. Acesso em: 30 maio 2023.
4. Mapa do Biênio 2018/2019. ELAT – Grupo de Eletricidade Atmosférica, INPE. Disponível em: <http://www.inpe.br/webelat/homepage/menu/infor/incidencia.de_descargas.no.pais.php>. Acesso em: 14 junho 2023.
5. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). O que são as Descargas Atmosféricas. Disponível em: <<http://www.inpe.br/webelat/rindat/menu/desc.atm/>>. Acesso em: 18 maio 2023.
6. Helerbrock, Rafael. Mundo Educação (uol). Fatos curiosos sobre raios. Disponível em Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). O que são as Descargas Atmosféricas. Disponível em: <<http://www.inpe.br/webelat/rindat/menu/desc.atm/>>. Acesso em: 18 maio 2023. Acesso em: 18 maio 2023.
7. INPE. Corrente elétrica do raio. Disponível em: <http://www.inpe.br/webelat/homepage/menu/relamp/relampago_s/caracteristicas.da.corrente.eletrica.php>. Acesso em: 14 junho 2023.
8. May, Andrew. Red lightning: The electrifying weather phenomenon explained. Disponível em: <<https://www.space.com/red-lightning>>. Acesso em: 23 maio 2023.
9. Donk, Kelsey. 5 of the Wierdest Types of Lightning. Disponível em: <<https://www.discovery.com/science/types-of-lightning>>. Acesso em: 23 maio 2023.
10. Vetter, Stephane. NASA. Disponível em: <<https://science.nasa.gov/sprite-lightning-hd>>. Acesso em: 14 junho 2023.
11. EMF Engenharia. Dano causado por raio sobre a casa. Disponível em: <<https://emf-engenharia.com.br/spda/>> Acesso em: 14 junho 2023.
12. Mattede, Henrique. O que é SPDA? Disponível em: <<https://www.discovery.com/science/types-of-lightning>>. Acesso em: 23 maio 2023.
13. Guimarães, Pablo. Método de Faraday: O método das malhas. Disponível em: <<https://www.pabloguimaraes-professor.com.br/post/metodo-de-faraday-o-metodo-das-malhas>>. Acesso em: 23 maio 2023.



14. EMF Engenharia. Proteção com o Sistema Gaiola de Faraday. Disponível em: < <https://emf-engenharia.com.br/spda/>> Acesso em: 14 junho 2023.
15. EMF Engenharia. Captor Franklin. Disponível em: < <https://emf-engenharia.com.br/spda/>> Acesso em: 14 junho 2023.
16. Guimarães Pablo. SPDA pelo Método da Esfera Rolante. Disponível em: <<https://www.pabloguimaraes-professor.com.br/post/spda-pelo-metodo-da-esfera-rolante#:~:text=Método%20da%20Esfera%20Rolante%20ou%20Método%20Eletrogeométrico&text=Neste%20método%20uti>liza-se%20uma,está%20protegida%20(NBR%205419)>. Acesso em: 23 maio 2023.
17. Desterro Eletricidade. Esfera rolante com edificação menor que 60m. Disponível em: < <https://www.desterroeletricidade.com.br/blog/eletrica/spda-o-que-e-um-subsistema-de-captacao/>>. Acesso em: 14 junho 2023.
18. Proteção Contra Raios. INPE. Disponível em: <http://www.inpe.br/webelat/docs/Cartilha_Protecao_Contra_Raios_Brasil_2020.pdf>. Acesso em: 30 maio 2023.