CENTRO UNIVERSITÁRIO DA FUNDAÇÃO ASSIS GURGACZ AMANDA PIOVESAN

CAPINA ELÉTRICA

CENTRO UNIVERSITÁRIO DA FUNDAÇÃO ASSIS GURGACZ AMANDA PIOVESAN

CAPINA ELÉTRICA

Projeto de pesquisa apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Elétrica do Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz para elaboração do Trabalho de Conclusão de Curso I.

Orientador: Prof. Me. Helder José Costa Carozzi.

CASCAVEL 2023

CENTRO UNIVERSITÁRIO DA FUNDAÇÃO ASSIS GURGACZ AMANDA PIOVESAN

CAPINA ELÉTRICA

Trabalho apresentado no Curso de Engenharia Elétrica, do Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica, sob orientação do Professor Mestre Helder José Costa Carozzi.

BANCA EXAMINADORA

Helder José Costa Carozzi Faculdade Assis Gurgacz
João Paulo Man Kit Sio
Ederson Zanchet
Centro Universitário da Fundação Assis Grugacz

Cascavel, 06 de DEZEMBRO de 2023

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho a Deus, pois sem ele não teria capacidade para realizar este trabalho e aos meus pais pois é graças aos seus esforços que hoje posso concluir o meu curso.

AGRADECIMENTO

Agradeço aos meus pais, Jean Claude Piovesan e Saionara Salvatti Piovesan, por toda atenção e apoio incondicional, nos momentos felizes e tristes sempre estiveram ao meu lado.

Agradeço ao meu irmão Lucas Piovesan por sempre estar ao meu lado me apoiando e ajudando em tudo que pode para eu conseguir realizar este projeto.

Ao meu namorado Lucas David Geiss por todo amor, companheirismo, aprendizado, ajuda, pelo suporte de madeira que foi essencial e por estar presente e me apoiar mesmo nos dias que quase enlouqueci por conta deste trabalho.

As minhas avós e família por toda oração pedindo pelo bom êxito deste trabalho e para que meu coração se acalme durante a apresentação.

Ao Senhor Paulo que cuida das estufas da FAG, que me ajudou quando eu precisei, me encaminhava fotos das minhas mudas sempre que possível e me deu todo apoio quando eu precisava de algo fora de horário.

A Bruna que cuida do laboratório de fotografia da FAG por me ajudar com as imagens e vídeos quando eu havia perdido tudo.

Ao Senhor Marco Aurélio de Biazio, proprietário da Mecânica Biazio Automotive que nos ajudou com as especificações de cada tipo de bobina e nos forneceu a primeira bobina usada neste trabalho.

Aos auxiliares de laboratório da FAG Marcos Rogério Colaço de Oliveira e Thiago Jaime de Oliveira e o encarregado de setor da FAG Cirso da Rocha, por todo apoio e ajuda com o que precisávamos nos laboratórios e com os horários as vezes meio malucos.

Agradeço especialmente ao meu orientador, Helder José Costa Carozzi, cujo estímulo foi crucial na seleção deste tema que, embora possa parecer audacioso para muitos, para nós representa uma questão de extrema relevância e sempre acreditamos no potencial deste tema. E sou extremamente grata pela constante atenção e dedicação demonstradas ao longo da elaboração deste trabalho.



RESUMO

O presente estudo tem uma abordagem inovadora no controle de plantas daninhas, propondo o uso de descargas elétricas como alternativa aos herbicidas tradicionais. Partindo do reconhecimento da crescente preocupação ambiental e dos impactos negativos associados ao uso incluído de produtos químicos, nossa pesquisa buscou apresentar uma solução sustentável e eficaz para o manejo destas plantas. Com o sucesso observado nos testes onde realizamos experimentos detalhados, analisando diferentes parâmetros, como tensão, tempo de exposição e aplicação em diferentes níveis de maturidade das plantas, para compreender melhor os efeitos elétricos. Uma análise contínua ao longo do tempo, registrada por imagens sequenciais, permite uma compreensão da dinâmica da evolução desses efeitos, fornecendo resultados valiosos sobre a eficácia do método. Além da eficiência no controle das plantas específicas, o uso de descargas elétricas se destaca pela sua natureza sustentável, eliminando a necessidade de herbicidas químicos. Este estudo contribuiu para a construção de práticas agrícolas mais ecológicas, destacando as soluções e possibilidades dessa abordagem inovadora no manejo de plantas.

Palavras-chave: Descargas elétricas, herbicidas, práticas agrícolas, sustentável.

ABSTRACT

This study takes an innovative approach to weed control by proposing the use of electrical discharges as an alternative to traditional herbicides. Stemming from the recognition of the growing environmental concern and the negative impacts associated with the widespread use of chemical products, our research aims to present a sustainable and effective solution for managing these plants. Building upon the success observed in experiments where we conducted detailed tests, analyzing different parameters such as voltage, exposure time, and application at various stages of plant maturity, to better understand the electrical effects. Continuous analysis over time, documented through sequential images, provides insight into the dynamics of the evolution of these effects, yielding valuable results on the method's effectiveness. In addition to its efficiency in controlling specific plants, the use of electrical discharges stands out for its sustainable nature, eliminating the need for chemical herbicides. This study contributes to the development of more ecological agricultural practices, emphasizing the potential and promises of this innovative approach in plant management.

Keywords: Electrical discharges, herbicides, agricultural practices, sustainable.

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1.1 - Modelo de vaso usado para plantio das amostras	20
Figura 3.1.2 - Plantio das mudas de Conyza Bonariensis	21
Figura 3.1.3 - Aplicação de adubo nas mudas	22
Figura 3.1.4 - Aplicação de Calcário dolomítico nas mudas	22
Figura 3.1.6 - Fertilizante mineral	23
Figura 3.1.5 - Calcário dolomítico	23
Figura 3.1.7 - Estufa do Centro Universitário da Fundação Assis Gurgac	24
Figura 3.1.8 - Momento de irrigação dentro da estufa	24
Figura 3.2.1 - Código para modulação de sinal PWM	26
Figura 3.3.1 - Bobina automotiva DELPHI 10241	27
Figura 3.3.2 - Identificação de polos da bobina DELPHI 10241	27
Figura 3.3.3 – Pontos de adaptação da vela de ignição	28
Figura 3.3.4 - Modificação da vela de ignição	29
Figura 3.3.5 – Bobina montada com os eletrodos de cobre	29
Figura 3.3.6 - Suporte em madeira	30
Figura 3.5.1 – Primeiro teste	31
Figura 3.6.1 - Bobina nova	33
Figura 3.6.2 - Amostras usadas para o segundo teste inicialmente	33
Figura 3.6.3 - Tensão no momento da aplicação	34
Figura 3.6.4 - Diversidade maturacional das amostras	35
Figura 4.1 - Primeiros sintomas após a descarga elétrica na planta daninha	36
Figura 4.2 - Enfraquecimento da planta daninha após descarga elétrica	37
Figura 4.3 - Apresentação de fitotoxidade	38
Figura 4.4 - Secamento da planta	39
Figura 4.5 - Momento em que a segunda planta entra em contato com os eletrodo	os
	40
Figura 4.6 - Evidência de que plantas que não tiveram contato não sofrem com as	S
descargas elétricas	41
Figura 4.7 - Novos brotos que cresceram na planta daninha	42

Figura 4.8 - Resultado planta com menor maturidade	1 4
Figura 4.9 - Resultado planta com maturidade intermediária4	1 5
Figura 4.10 - Resultado planta com maior maturidade4	1 6

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	3
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	5
2.1 SOJA	5
2.1.1 Sistema de Plantio Direto (SPD)	6
2.2 IDENTIFICAR OS TIPOS DE PLANTAS DANINHAS	7
2.3 DEFENSIVOS AGRÍCOLAS	8
2.3.1 Herbicidas	9
2.4 ELETRICIDADE	10
2.4.1 Alta tensão	11
2.4.2 Corrente Contínua	12
2.4.3 Fonte Chaveada	13
2.4.4 PWM (<i>Pulse Width Modulation</i> ou Modulação por Largura de Pulso)	14
2.4.5 Ajuste de ciclo de trabalho	15
2.4.6 Ajuste de frequência	16
2.5 MICROCONTROLADORES	16
2.7 MICROPROCESSADORES	17
2.8 ARDUINO ®	18
3 METODOLOGIA	20
3.1 PLANTIO DAS AMOSTRAS	20
3.2 ELABORAÇÃO DO PROGRAMA PARA MODULAÇÃO DO SINAL PWM	
ARDUINO [®]	
3.3 CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO	
	28
3.4 INTEGRAÇÃO DO PROTÓTIPO COM A FONTE DE ALIMENTAÇÃO	F C

ARDUINO [®]	30
3.5 PRIMEIRO TESTE REALIZADO	31
3.6 SEGUNDO TESTE REALIAZDO	32
4 RESULTADOS	36
5 DISCUSSÕES	47
6 CONCLUSÃO	48
REFERÊNCIAS	49
APÊNDICE A – IMAGENS DOS RESULTADOS DO PRIMEIRO TESTE	
REALIZADO	55
APÊNDICE B – RESULTADOS INICIAIS DO SEGUNDO TESTE	64
APÊNDICE C – RESULTADOS POSTERIORES DO SEGUNDO TESTE	66

1 INTRODUÇÃO

O controle de plantas daninhas na agricultura é um dos principais problemas enfrentados pelos produtores de alimentos do mundo, essas plantas causam efeitos diretos na cultura principal, como a interferência (ação conjunta da competição e da alelopatia) e consequentemente a perda de rendimento, além de efeitos indiretos, como aumento do custo de produção, dificuldade de colheita, depreciação da qualidade do produto, e hospedagem de pragas e doenças.

Na atualidade o manejo das plantas daninhas é feito com o uso de herbicidas, são feitas em torno de 3 aplicações na soja, sendo uma delas no pré-plantio (para limpeza da área). O que mais preocupa os produtores na atualidade é a resistência que as culturas estão criando aos herbicidas, no caso da população de plantas daninhas que é exposta a um herbicida qualquer, a maioria dos indivíduos morre, mas alguns sobrevivem e se recuperam, deixando descendentes no banco de sementes do solo. Quando essas sementes germinam e estabelecem novas plantas, elas também são expostas ao controle químico. Como herdam a habilidade de sobreviver a herbicidas de seus parentais, essas novas plantas produzem descendentes que gradualmente aumentam o número de indivíduos resistentes na população. Esse processo continua repetindo-se, levando a um aumento progressivo na proporção de indivíduos resistentes na população. Por esse motivo a cada safra se torna necessário trocar o produto ou adicionar mais produtos químicos a composição da aplicação para conseguir o efeito desejado e com isso aumentando cada vez mais o custo da produção.

O uso indevido de herbicidas pode causar diversos problemas ao meio ambiente e à saúde humana, portanto, a busca por alternativas mais sustentáveis é fundamental, pois este problema não afeta apenas os produtores e as culturas, o uso de herbicidas afeta também o meio ambiente e as pessoas ao seu redor, pois as cidades estão sempre crescendo e a cada dia mais perto das áreas cultiváveis por isso, afeta diretamente os seres humanos.

A agricultura, que por séculos se constituiu como o meio de vida dos agricultores e de suas famílias, converteu-se numa atividade orientada para a produção comercial. Por trás desta mudança, está a necessidade de alimentar um contingente populacional cada vez maior, que segundo a Organização das Nações

Unidas será de 8,1 bilhões de pessoas em 2025.

O uso excessivo de herbicidas nas lavouras pode ter diversos impactos negativos, tanto no meio ambiente quanto na saúde pública. Por essas razões, é fundamental que os produtores adotem práticas agrícolas mais sustentáveis e integrem métodos de controle biológicos, mecânicos e físicos de plantas daninhas para reduzir a dependência de herbicidas.

A pesquisa em questão tem como objetivo identificar e avaliar um novo método inovador para o controle eficaz de plantas daninhas em diferentes culturas agrícolas, considerando a sazonalidade específica de cada época do ano. Nesse contexto, a busca por métodos alternativos que minimizem o uso de herbicidas químicos e que sejam compatíveis com as práticas agrícolas atuais é de fundamental importância. Portanto, o objetivo central dessa pesquisa é propor a utilização de uma tecnologia alternativa ao controle químico que não se utilize apenas de sistemas mecânicos, mas principalmente, de um sistema elétrico e assim contribuir para o desenvolvimento de soluções inovadoras que possam ser aplicadas de forma eficaz no controle de plantas daninhas, visando otimizar a produtividade e sustentabilidade dos sistemas de produção agrícola.

Dessa forma, será possível minimizar os impactos ambientais, promover a saúde pública, aumentar a eficiência no controle das plantas daninhas e garantir uma produção agrícola mais sustentável e de qualidade.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 SOJA

A soja (*glicine max*), a leguminosa mais útil do mundo, originou-se no quente e chuvoso sudeste asiático. O engenheiro agrônomo Oreste Campese acredita que a 6 ou 7 mil anos atrás a soja teve como pátria a Cochinchina (o extremo sul do Vietnã, o delta do Mecongue e pouco mais) e Java (insula da Indonésia).

O engenheiro agrônomo Gustavo Dutra, parece ter sido o introdutor da soja no Brasil, na Bahia em 1882, porém são desconhecidos os resultados e não despertou interesse no país pelo seu cultivo (GOMES, 1975).

Em 1941, a soja apareceu pela primeira vez nas estatísticas oficiais do Rio Grande do Sul, nesse mesmo ano, outro fato de fundamental importância para a implantação definitiva da soja ocorreu, foi construída a primeira fábrica de processamento de soja. No Estado de São Paulo, as estatísticas oficiais registraram pela primeira vez a soja em 1945. Já nas estatísticas internacionais, o Brasil começou a aparecer como produtor de soja em 1949.

A soja no Brasil encontrou condições muito favoráveis para sua expansão, como fácil adaptação das variedades e das técnicas de cultivo, possibilidade de mecanização total da cultura, condições favoráveis no mercado, carência de óleos vegetais comestíveis para substituir a gordura animal, desenvolvimento rápido do parque de processamento, garantindo a total absorção da matéria-prima e participação de cooperativas nos processos de produção, comercialização e geração de tecnologias adaptadas às diferentes condições do país, possibilitando ganhos em produtividade e expansão para novas regiões (BONATO; BONATO, 1987).

O crescimento da soja no Brasil determinou várias mudanças na agricultura do país, a soja foi apoiada pelo trigo e foi a grande responsável pelo estabelecimento da agricultura comercial. Em conjunto foi responsável por acelerar a mecanização das lavouras, modernizar o sistema de transporte, expandir a fronteira agrícola, profissionalizar e incrementar o comércio internacional, acelerar a urbanização do país, tecnificar outras culturas (principalmente a do milho) e patrocinou a expansão da produção de suínos e aves (DALL'AGNOL, 2011).

Atualmente, o Brasil é o segundo maior produtor mundial de soja, atrás apenas

dos Estados Unidos, e responde por cerca de um terço da produção mundial. O Brasil, os Estados Unidos da América (EUA) e a Argentina são os maiores produtores e exportadores da soja em grão no mundo. A safra de soja brasileira tem apresentado um crescimento constante nas últimas décadas, impulsionada pelo aumento da demanda global por alimentos e pela expansão das áreas cultivadas no país.

No entanto, a expansão da cultura da soja no Brasil também tem sido objeto de críticas por parte de ambientalistas e pesquisadores, devido aos impactos ambientais causados pela monocultura, como o desmatamento de áreas nativas, a degradação do solo e o uso intensivo de agrotóxicos. O desafio para a produção de soja no Brasil é encontrar um equilíbrio entre a produção em larga escala e a preservação do meio ambiente (FREITAS, 2005).

2.1.1 Sistema de Plantio Direto (SPD)

É a forma de manejo que envolve várias técnicas recomendadas para o aumento da produtividade que ao mesmo tempo melhora/conserva o meio ambiente.

Fundamenta-se na ausência de revolvimento do solo, em sua cobertura permanente, na rotação de culturas, na manutenção de palhada sobre o solo e no controle químico de plantas daninhas (PAZINI E MINGOTTE, 2017).

Pressupõe, também, uma mudança na forma de pensar a atividade agropecuária a partir de um contexto socioeconômico com preocupações ambientais.

O sistema de plantio direto é uma técnica agrícola que consiste em semear as sementes diretamente na palha deixadas pela colheita anterior, sem a necessidade de arar ou revolver o solo. O objetivo do SPD é conservar a umidade do solo, reduzir o controle, preservar a fertilidade e aumentar a eficiência do uso de insumos agrícolas.

Este sistema envolve a utilização de máquinas especiais que fazem um corte no solo para a inserção das sementes, enquanto a palha é mantida na superfície do solo. Essa palha atua como uma cobertura protetora para o solo, evitando a erosão causada pelo vento e pela água da chuva, e também ajuda a manter a umidade do solo, permitindo que as sementes germinem mais rapidamente e cresçam com mais saúde (KOCHHANN; DENARDIN, 2000).

Ao reduzir a necessidade de revolução do solo, o SPD também ajuda a preservar a biodiversidade do solo, mantendo os microrganismos e a vida do solo

saudável. Além disso, a técnica é mais econômica e sustentável, uma vez que reduz o uso de combustível e maquinário, também diminui a emissão de gases do efeito estufa na atmosfera.

O SPD é amplamente utilizado em diversas culturas agrícolas, como soja, milho, trigo e algodão, e tem se mostrado uma técnica eficiente para aumentar a produtividade e a sustentabilidade da agricultura (FREITAS, 2005).

2.2 IDENTIFICAR OS TIPOS DE PLANTAS DANINHAS

Plantas daninhas são quaisquer vegetais que crescem onde não são desejados, essas plantas quando crescem em meio a áreas cultiváveis interferem no desenvolvimento da cultura, reduzindo a produção, competindo por elementos vitais como água, luz, CO2 e nutrientes, e exercem inibição química sobre o desenvolvimento, fenômeno esse conhecido como alelopatia.

As perdas das culturas oriundas da interferência das plantas daninhas em nosso país giram em torno de 20 a 30%, ocorre também a redução em números de produção, depreciação da qualidade do produto final e na fase de colheita aumenta a umidade dos grãos diminuindo assim o valor comercial do produto.

As plantas daninhas podem ainda comprometer indiretamente certas culturas agrícolas por hospedarem pragas e doenças antes de infestarem as próprias culturas (LORENZI, 2000).

As plantas daninhas mais preocupantes concorrendo com as culturas são:

- Picão-Preto (*Bidens spp.*): Planta anual, herbácea, ereta, de 40-120 cm de altura que tem sua reprodução por meio de sementes;
- Buva (*Conyza spp.*): Planta anual, herbácea, pubscente, ereta, de 60-120 cm de altura, caule folioso que tem sua reprodução por meio de sementes;
- Capim-amargoso (*Digitaria insularis L.*): Planta perene, herbácea, entoceirada,
 ereta, de 50-100 cm de altura e sua reprodução ocorre por meio de sementes
 e por curtos rizomas;
- Capim-colonião (*Panicum maximum Jacq*.): Planta perene, robusta, entouceirada, ereta, de 1-2 m de altura, colmos com densa pilosidade nos nós e sua reprodução ocorre por meio de sementes e rizomas;
- Joá-de-capote (Nicandra physaloides L.): Planta anual, herbácea, robusta,

- ereta, de 40-140 cm de altura, caule glabo e fortemente sulcado e sua reprodução ocorre por meio de sementes;
- Guanxuma (*Sida spp.*): Planta anual ou perene, fibrosa, ereta, de 30-80 cm de altura, subarbustiva e sua reprodução ocorre por meio de sementes;
- Corda-de-viola (*Ipomoea spp.*): Planta anual, herbácea, trepadeira, caules branco-pubescentes e sua reprodução ocorre por meio de sementes (SCIENCE, 2022).

2.3 DEFENSIVOS AGRÍCOLAS

O crescimento da produção agrícola do Brasil se deu por meio de novas tecnologias como: maquinários, biotecnologias e um grande desenvolvimento dos setores de insumos.

Os defensivos agrícolas são também conhecidos por agrotóxicos, pesticidas, praguicidas ou produtos fitossanitários. Eles são insumos agrícolas utilizados para a proteção das plantas cultivadas com a finalidade de combater problemas como as pragas e doenças nas culturas (DÉDA, 2022).

Os defensivos agrícolas passaram a ser definidos como produtos e agentes de processos, físicos, químicos ou biológicos, destinados ao uso nos setores de produção, no armazenamento e no beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens, na proteção de florestas nativas ou implantadas de ecossistemas e também urbanas, hídricas e industriais, cuja finalidade seja alterar a composição da fauna e da flora, e de preservá-la da ação danosa de seres vivos considerados nocivos; substâncias e produtos empregados como desfolhantes, dessecantes, estimulantes e inibidores de crescimento, de acordo com a Lei nº 7.802, de 11 de julho de 1989 (regulamentada pelo Decreto Nº4.074, de 04 de janeiro de 2002) (BRASIL, 1989).

O homem enfrenta a competição de pragas e doenças que tiveram a produção agrícola desde que migrou do extrativismo, caça e pesca para a agricultura intensiva. A simplificação do ecossistema é a principal causa dos problemas fitossanitários enfrentados pelos agricultores. A densidade populacional de uma cultura agrícola geralmente leva ao aumento populacional de pragas e seus predadores ao longo da cadeia alimentar. No entanto, na agricultura, o produto cultivado é o nível trófico mais

baixo, e a exposição aos predadores primários pode prejudicar o processo de cultivo.

Durante séculos, a humanidade lidou com diferentes graus de prejuízos causados por insetos e doenças sem inviabilizar a agricultura. A base para essa convivência estava na diversificação de métodos de controle, adaptados às condições locais e aos sistemas de cultivo, que sustentaram a agropecuária até a Idade Média.

No entanto, apenas neste século, a humanidade abandonou a cultura acumulada ao longo da história, substituindo a base filosófica centrada na diversificação de métodos pelo uso exclusivo de produtos químicos. Em muitas culturas, os produtos químicos se tornaram o método exclusivo de controle de pragas (CAZZONI, 1994).

2.3.1 Herbicidas

Os herbicidas desempenham um papel crucial e de grande culto na produção de alimentos, pois são compostos que possuem uma atividade biológica significativa nesse contexto. Ao retrocedermos até a década de 1940, notamos que havia uma quantidade bastante limitada de herbicidas disponíveis, o que tornava a escolha entre eles uma tarefa relativamente simples. Basicamente, os cultivados tinham duas opções principais: podia utilizar o 2,4-D para combater o crescimento de plantas de folhas largas, ou então seguir a herbicidas não seletivos, como o arsenato de chumbo ou sais, que tinham um efeito mais amplo. No entanto, a partir da década de 1970, ocorreu uma verdadeira explosão no desenvolvimento de herbicidas, provocada em uma diversidade e oferta muito maior de opções no mercado atual.

Atualmente, a lista de herbicidas disponíveis para uso é extensa e diversificada. Além do aumento considerável no número de herbicidas, também observamos um incremento na variedade de tipos existentes. É interessante notar que muitos desses herbicidas podem conter os mesmos ingredientes ativos, mas são comercializados sob diferentes nomes comerciais. Essa diversidade de opções permite aos agricultores selecionar o herbicida mais adequado para suas necessidades específicas, considerando fatores como o tipo de planta daninha a ser controlado, como características do cultivo e impacto ambiental desejado.

Com o avanço contínuo da ciência e da tecnologia, é certo que essa diversidade e disponibilidade de herbicidas no mercado continuem a se expandir,

oferecendo aos agricultores uma gama cada vez mais ampla de ferramentas para o manejo eficiente das plantas daninhas e o aumento da produtividade agrícola (MARCHI; MARCHI; GUIMARÃES, 2008).

O solo desempenha um papel fundamental no destino final dos produtos químicos utilizados na agricultura, independentemente de serem aplicados diretamente no solo ou na parte aérea das plantas. Quando esses produtos entram em contato com o solo, uma série de processos físico-químicos entra em ação, regulando seu comportamento e influenciando seu destino no ambiente.

Um dos processos relevantes é a retenção, em que os herbicidas podem aderir às partículas do solo, ansiosamente sua mobilidade e potencial de contaminação. A lixiviação é outro processo importante, em que os produtos químicos podem se mover através dos poros do solo e chegar às camadas mais profundas, atingindo aquíferos subterrâneos e corpos d'água.

A volatilização é um processo em que os herbicidas podem se transformar em vapores e serem liberados na atmosfera. Esse fenômeno pode ocorrer devido à temperatura, umidade e características químicas dos produtos utilizados.

Além disso, os produtos químicos também podem ser decompostos tanto por processos químicos quanto por processos microbiológicos presentes no solo. Essa estrutura pode ocorrer por meio de reações químicas ou pelo metabolismo de microrganismos presentes no ambiente.

Outros processos relevantes incluem o escorrimento superficial, em que os herbicidas podem ser carregados pela água da chuva ou irrigação, atingindo corpos d'água próximos, e absorção pelas plantas, em que as culturas podem absorver e recolher os produtos químicos aplicados no solo ou em suas partes aéreas. Portanto, é importante considerar todos esses processos físico-químicos ao avaliar o destino dos produtos químicos agrícolas no solo, bem como seu potencial impacto no meio ambiente e na saúde humana (OLIVEIRA JUNIOR; CONSTANTIN; INOUE, 2011).

2.4 ELETRICIDADE

No século XVIII, a eletricidade foi um dos fenômenos que despertou grande interesse entre os físicos e contribuiu significativamente para o desenvolvimento da física, então chamada de filosofia natural. O estudo dos fenômenos elétricos era uma

área importante da filosofia natural experimental.

Graças à invenção e ao aprimoramento de grandes máquinas elétricas e da garrafa de Leyden, tornou-se possível realizar estudos intensivos e portas públicas de descargas elétricas, choques e outros efeitos elétricos.

No entanto, um dos principais mistérios relacionados à eletricidade era como ela podia gerar eletricidade e repulsões sem a necessidade de contato direto. Os efeitos elétricos foram produzidos por mecanismos desconhecidos, e muitos autores da época tentaram entender quais eram as causas desses fenômenos.

Naquela época, não se sabia ao certo quais eram as causas desses efeitos elétricos. A eletricidade era capaz de se propagar a grandes distâncias por meio de fios metálicos ou até mesmo por corpos humanos, o que indicava que ela poderia ser um tipo de fluido especial e diferente da matéria comum (SILVA; PIMENTEL, 2008).

Toda matéria é feita de moléculas, que são compostas por átomos. Os átomos têm um núcleo, onde estão os prótons (carga elétrica positiva) e os nêutrons (sem carga elétrica), e uma eletrosfera, composta por órbitas onde os elétrons giram (carga elétrica negativa). Os corpos na natureza podem estar em três estados diferentes que são chamados de: (a) eletricamente neutro; (b) eletrizado positivamente, além de (c) eletrizado negativamente. Quando falamos de uma "carga elétrica", seja ela positiva ou negativa, devemos entender que estamos falando de um corpo eletrizado ou de uma partícula eletrizada. Também se diz que esses corpos nesses três estados são diferentes, respectivamente, (a) carga resultante nula; (b) carga resultante positiva e (c) carga resultante negativa (ASSIS, 2018).

Segundo Assis, "Nunca é possível explicar tudo, sempre é necessário partir de algumas coisas que são consideradas como verdadeiras, para então explicar com estas coisas primitivas outras observações da natureza." (ASSIS, 2018).

2.4.1 Alta tensão

A tensão elétrica é definida como a capacidade de produzir energia elétrica e pode ser entendida como um potencial de energia unitária ou taxa de energia. As fontes ou geradores elétricos apresentam uma diferença de tensão entre seus polos, resultando na separação de cargas positivas e negativas. Essa diferença de carga é causada pela concentração de elétrons no polo negativo e pela falta de elétrons no polo positivo.

Quando a tensão elétrica é aplicada a um condutor ou a um circuito elétrico, essa energia é responsável por acelerar e movimentar os elétrons do polo negativo (fornecedor de elétrons) para o polo positivo (receptor de elétrons), gerando uma corrente elétrica. Vale ressaltar que o sentido indicado da corrente elétrica é oposto ao sentido real de movimento dos elétrons ((BRASIL), 2020).

O funcionamento de um circuito elétrico, o fornecimento contínuo de energia à corrente é essencial para o seu fluxo constante. Esse fornecimento de energia é possível devido à existência de um campo elétrico, que permeia todo o circuito. O campo elétrico é um campo de forças elétricas que atuam sobre os elétrons presentes no circuito.

A tensão elétrica desempenha um papel crucial nesse processo. Em cada ponto do circuito, a tensão elétrica representa uma diferença de potencial entre dois pontos. Essa diferença de potencial é o resultado do campo elétrico, que exerce uma força sobre os elétrons. Essa força impulsiona os elétrons a se moverem em direção ao polo positivo, criando um fluxo de corrente elétrica.

Assim, a tensão elétrica presente em cada ponto do circuito é responsável por fornecer a energia necessária para sustentar os elétrons e permitir o movimento contínuo da corrente elétrica (ÁVILA, 2018).

Alta tensão elétrica refere-se a uma diferença de potencial significativamente elevada entre dois pontos em um circuito elétrico. A alta tensão elétrica também é utilizada em aplicações industriais, como em transformadores, equipamentos de alta potência e sistemas de geração de energia. No entanto, devido aos riscos associados, como arcos elétricos e descargas elétricas, a alta tensão elétrica requer medidas de segurança e isolamento adequados para garantir a proteção dos operadores e a integridade dos equipamentos.

Alta Tensão (AT): tensão superior a 1000 volts em corrente alternada ou 1500 volts em corrente contínua, entre fases ou entre fase e terra (MTE, 1978).

2.4.2 Corrente Contínua

Quando uma diferença de potencial é aplicada a um condutor metálico, ocorre um fenômeno, os elétrons livres, que estão presentes no interior do condutor, começam a se movimentar de forma ordenada e sistemática, seguindo uma direção

oposta ao campo elétrico estabelecido. Esse movimento coordenado dos elétrons é o que chamamos de corrente elétrica.

A corrente elétrica representada pelos símbolos 'i' ou 'l' é uma grandeza fundamental na área da eletricidade. Ela é medida em ampères [A], e seu valor está relacionado à quantidade de carga que atravessa uma seção do condutor em um determinado intervalo de tempo. Quanto maior a quantidade de carga que passa por essa seção em um curto espaço de tempo, maior será a intensidade da corrente elétrica.

É importante ressaltar que a corrente elétrica só é estabelecida quando existe um fluxo líquido de cargas através do condutor. Isso significa que nem todas as partículas carregadas que se movem dentro do condutor contribuem para a corrente elétrica. Para que haja um fluxo líquido de cargas e, consequentemente, a presença de corrente elétrica, é necessário que haja uma diferença de potencial entre os extremos do condutor.

Ao aplicar uma diferença de potencial, como por exemplo, conectar uma bateria aos extremos do condutor metálico, ocorre um desequilíbrio na movimentação dos elétrons. Mais elétrons passam a percorrer o condutor em uma direção do que na direção oposta, criando um fluxo líquido de carga. Esse desequilíbrio resulta na existência de corrente elétrica no condutor (MARKUS, 2011).

Pode-se imaginar que os elétrons livres se deslocam em direção ao ponto positivo. Dessa forma, a cada momento, à medida que um novo elétron livre é gerado, um elétron livre é capturado por um átomo ionizado positivamente. Isso resulta em um número total constante de elétrons livres movendo-se na direção do polo positivo. Consequentemente, a corrente elétrica continua fluindo através do fio condutor, sempre na mesma direção. Essa corrente que mantém uma direção constante é conhecida como corrente contínua. Pilhas ou baterias são exemplos de dispositivos capazes de produzir esse tipo de corrente (FOWLER, 2013).

2.4.3 Fonte Chaveada

As fontes de energia estão presentes de forma onipresente em nosso cotidiano, tornando-se um componente essencial na grande maioria dos dispositivos eletrônicos que utilizamos, desde o carregador de nossos dispositivos móveis até a alimentação

de nossos aparelhos de televisão e computadores pessoais. Essas fontes de energia passaram por uma notável evolução ao longo do tempo, e apesar de ainda encontrarmos frequentemente as fontes de alimentação tradicionais, as fontes chaveadas emergira como alternativas dominantes em dispositivos modernos, graças as suas distintas vantagens. Caracteristicas como dimensões compactas e menor peso em comparação com as fontes de regulação linear justificam sua ampla adoção em diversos sistemas eletrônicos.

A eficiência significativamente superior das fontes chaveadas em relação as fontes de alimentação lineares despertou grande interesse entre projetistas e fabricantes. No entanto, é essencial destacar que as fontes chaveadas são circuitos intrincados que exigem uma abordagem minuciosa no que tange ao seu projeto e implantação que exige uma abordagem minuciosa no que tange ao seu projeto de implementação prática. A evolução das fontes chaveadas abarca não apenas melhorias nas características dos componentes utilizados, mas também o contínuo desenvolvimento das técnicas de projeto e construção associadas a elas.

Em virtude da sua presença ubíqua em uma ampla gama de equipamentos eletrônicos e da sua extensa utilização nos dias de hoje, a pesquisa e aplicação de fontes chaveadas requerem uma abordagem meticulosa, uma vez que fatores essenciais relacionados a sua eficácia e confiabilidade precisam ser rigorosamente considerados (CEZÁRIO, 2012).

2.4.4 PWM (*Pulse Width Modulation* ou Modulação por Largura de Pulso)

Os sinais modulados em largura de pulso desempenham um papel crucial em sistemas eletrônicos, especialmente em eletrônica de potência. Eles são comumente usados para controlar a potência de dispositivos e circuitos, como inversores, conversores, controladores de motores elétricos e fontes de alimentação comutadas. A razão para sua ampla aplicação reside na capacidade de controlar com precisão a potência entregue a uma carga, variando a largura dos pulsos em um sinal PWM.

O princípio subjacente é relativamente simples: ao variar a largura dos pulsos em um sinal PWM, é possível ajustar a quantidade média de energia fornecida a uma carga. Isso é progredir ao regular o tempo durante o qual o sinal está em seu estado ativo (geralmente representado 'ligado') em relação ao tempo total de um ciclo.

Quando o sinal está ativo, a carga recebe energia; quando está inativo, a carga é desenergizada. A relação entre o tempo ativo e o período do ciclo é o que determina a potência média fornecida.

Por exemplo, em um sistema de controle de velocidade do motor, um sinal PWM é contratado para ajustar a quantidade de energia entregue ao motor. Se a largura dos pulsos aumenta, o motor recebe mais energia e gira mais rapidamente. Se a largura dos pulsos diminuir, a energia fornecida ao motor diminuirá e a velocidade diminuirá, isso permite um controle preciso e eficaz da velocidade e da potência do motor.

Além disso, os sinais modulados em largura de pulso são usados em fontes de alimentação comutadas para convertes a energia de uma forma para outra. Essas fontes de energia são eficientes, compactas e amplamente utilizadas em eletrônica. Através do controle da largura dos pulsos, és possível regular a tensão de saída e a corrente fornecida as cargas, adaptando-se as necessidades especificas de diferentes dispositivos eletrônicos (ALVES, 1998).

2.4.5 Ajuste de ciclo de trabalho

O ajuste do ciclo de trabalho refere-se a um processo não qual a largura de pulso de um sinal periódico, normalmente uma forma de onda quadrada, é variada em relação ao seu período. O *duty cycle*, ou ciclo de trabalho, é uma medida que expressa a proporção do tempo durante o qual o sinal se encontra em um estado 'ativo' (geralmente alto) em relação ao tempo total do período da forma de onda. Essa proporção é expressa em termos percentuais.

O ajuste do ciclo de trabalho desempenha um papel fundamental em muitas aplicações da eletrônica e engenharia, como a modulação por largura de pulso (PWM), controle de motores, fontes de alimentação comutadas e inúmeras outras áreas. Ele permite o controle preciso da intensidade média de um sinal, influenciando o tempo em que ele permanece ativo em relação ao período. Através desse ajuste, é possível controlar a potência média fornecida aos dispositivos, o brilho dos LEDs, a velocidade dos motores e outras características, tornando-o uma técnica essencial para o controle de sistemas e dispositivos que dependem da variação da potência, intensidade ou velocidade (LUZZI, 2015).

2.4.6 Ajuste de frequência

O ajuste de frequência é um processo essencial que envolve a modificação da taxa de reprodução de um sinal periódico, como uma forma de onda senoidal, quadrada ou triangular. Esta característica desempenha um papel crucial em diversas aplicações, abrangendo uma ampla gama de campos, desde a eletrônica até a música e as telecomunicações. O ajuste de frequência é fundamental para adaptar a taxa de reprodução do sinal de acordo com requisitos específicos. Isso é possível por meio de dispositivos ou circuitos desenvolvidos para gerar sinais com frequências variáveis ou planejadas.

O controle preciso é uma das principais vantagens do ajuste de frequência. Ele permite um controle detalhado da taxa de reprodução do sinal, sendo essencial em aplicações que exigem ajustes precisos, como a sintonização de estações de rádio, a afinação de instrumentos musicais ou a operação de máquinas com velocidades específicas.

No eletrônico, o ajuste de frequência é amplamente utilizado para gerar sinais modulados, como modulação de amplitude (AM) e modulação de frequência (FM), que são a base dos reforços de áudio e vídeo, bem como em sistemas de controle e medição. Em ambientes industriais, o controle de frequência é aplicado para regular a velocidade de motores em máquinas, garantindo um funcionamento eficiente e seguro dos processos de fabricação.

2.5 MICROCONTROLADORES

Os microcontroladores desempenham um papel vital na eletrônica embarcada e sistemas incorporados. São dispositivos compactos que integram hardware e software, oferecendo eficiência e características. Esses componentes são fundamentais para controlar e automatizar uma ampla variedade de dispositivos, desde aparelhos simples até sistemas industriais complexos e veículos modernos. Sua aplicação é diversificada e inclui sistemas de controle de temperatura, dispositivos médicos, eletrônicos de consumo, segurança, automação residencial e veículos, entre outros. Uma característica crucial é o baixo consumo de energia, o que os torna adequados para dispositivos com restrições energéticas, como sensores sem

fio.

Os microcontroladores frequentemente incluem temporizadores e contadores integrados, permitindo a sincronização de eventos e o gerenciamento do tempo de execução de tarefas. A capacidade de armazenar firmware internamente é essencial, permitindo a execução de códigos específicos que podem ser programados e atualizados conforme necessário. Além disso, esses dispositivos podem ser expandidos com a adição de circuitos integrados externos, conhecidos como drivers, para adicionar funcionalidades como USB, Ethernet e comunicação sem fio.

Os microcontroladores estão disponíveis em diversas arquiteturas de bits, com modelos de 8, 16 e 32 bits. Os modelos de 16 e 32 bits oferecem maior capacidade de processamento, permitindo o gerenciamento de tarefas mais complexas.

O desenvolvimento de software para microcontroladores envolve a criação de código específico para controle de hardware. Isso requer conhecimento em linguagens de programação, como C/C++, e o uso de ferramentas de desenvolvimento dedicadas.

O impacto dos microcontroladores na tecnologia moderna é significativo. Eles desempenham um papel crucial na automação, na Internet das Coisas (IoT) e na indústria 4.0, impulsionando a inovação em diversas áreas (CHASE, 2010).

2.7 MICROPROCESSADORES

Os microprocessadores são componentes essenciais no mundo da computação e da eletrônica. Eles são projetados para análise de informações, realização de cálculos matemáticos e gerenciamento do acesso à memória externa. Para atingir esses objetivos, os microprocessadores utilizam barramentos de dados, controle e endereços para se comunicar com os periféricos de entrada e saída. No entanto, eles dependem de circuitos integrados externos, como memória para armazenamento de dados e programas, conversores analógicos/digitais para capturar informações de sensores e outros periféricos específicos, de acordo com as necessidades do sistema.

Uma característica notável dos microprocessadores é a sua alta velocidade de processamento, o que os torna ideais para aplicações que exigem grande capacidade de cálculo e processamento de dados. Essa capacidade os torna uma escolha

preferida para sistemas complexos, como computadores pessoais, servidores, estações de trabalho e muitas outras aplicações que desativam o poder computacional. No entanto, é importante observar que os microcontroladores, que são parentes próximos dos microprocessadores, estão se tornando cada vez mais capazes. A introdução de núcleos de 16 e 32 bits em microcontroladores está permitindo que eles compitam em termos de capacidade de processamento. Isso significa que os microcontroladores estão encontrando aplicação em uma gama mais ampla de sistemas, especialmente aqueles que desativam uma combinação de capacidades de controle e processamento (CHASE, 2010).

2.8 ARDUINO®

O Arduino® é uma plataforma eletrônica versátil e amplamente utilizada, desempenhando um papel essencial na criação de projetos eletrônicos interativos. Além de apenas uma placa de controle, o Arduino® representa um ecossistema completo, oferecendo uma diversidade de módulos, sensores, escudos (placas de expansão) e componentes compatíveis que podem ser facilmente integrados. Isso proporciona uma flexibilidade surpreendente para a criação de projetos que variam desde simples piscar de LEDs até a construção de robôs independentes e sistemas de automação residencial. Um aspecto notável é que o Arduino® é uma plataforma de código aberto, o que significa que todos os detalhes, documentos e esquemas estão disponíveis para o público. Isso promove a colaboração e a inovação, com uma comunidade ativa de desenvolvedores compartilhando projetos e contribuições, enriquecendo continuamente o ecossistema.

A facilidade de uso é uma das características marcantes do Arduino[®], com um IDE (Ambiente de Desenvolvimento Integrado) amigável que simplifica a programação. Baseado na linguagem Wiring, uma simplificação do C/C++, o IDE torna a programação acessível até mesmo para iniciantes que não possuem experiência em conveniência.

O Arduino® é compatível com diversas plataformas, garantindo acessibilidade para uma ampla variedade de usuários e sistemas. Além disso, o Arduino® oferece a capacidade de conectar sensores e atuadores, permitindo a criação de projetos interativos que respondem ao ambiente e executam ações com base em dados

coletados, tornando-o essencial em aplicações de monitoramento ambiental, automação residencial, robótica e muito mais (MCROBERTS, 2015).

3 METODOLOGIA

3.1 PLANTIO DAS AMOSTRAS

O projeto teve início com a pesquisa dos elementos mencionados na revisão teórica, visando solidificar o alicerce teórico necessário.

Para dar início à fase prática, foi imprescindível recorrer à estufa disponível no Centro Universitário da Fundação Assis Grugacz. A utilização desta estrutura demandou a submissão de formulários de solicitação, aguardo pela aprovação, definição do local para o plantio das amostras, que se deu em 10 vasos como os da Figura 3.1.1.



Figura 3.1.1 - Modelo de vaso usado para plantio das amostras

Fonte: Autor

Em 11 de setembro de 2023, foram coletadas amostras da planta *Conyza bonariensis* (buva), apresentando uma média de 12 cm de comprimento. A coleta ocorreu na cidade de Corbélia, no Estado do Paraná, nas coordenadas 24°47'29"S

53°17'23"W, a uma altitude de 684m em relação ao nível do mar, a qual registrou uma temperatura média de 20 °C nos últimos 12 meses.

No mesmo dia, conforme ilustrado na Figura 3.1.2, as amostras foram transplantadas para os vasos localizados na estufa do Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz, situada a 24°56'31"S 53°30'32"W e a uma altitude de 691m em relação ao nível do mar, com uma temperatura média de 18,5 °C. Os vasos já estavam com a terra preparada para o plantio como se vê na Figura 6.1.



Figura 3.1.2 - Plantio das mudas de Conyza Bonariensis

Fonte: Autor

Durante a fase de plantio das mudas, foi empregada uma quantidade de 20g de fertilizante mineral, evidenciada na Figura 3.1.3. Além disso, uma adição de 5g de calcário dolomítico foi aplicada, conforme ilustrado na Figura 3.1.4. Essa abordagem visa proporcionar um ambiente propício ao crescimento robusto e saudável das plantas, otimizando a composição do solo para atender às necessidades do cultivo.

Figura 3.1.3 - Aplicação de adubo nas mudas



Fonte: Autor

Figura 3.1.4 - Aplicação de Calcário dolomítico nas mudas



Fonte: Autor

As características detalhadas do fertilizante mineral e do calcário dolomítico utilizados no plantio das mudas encontram-se descritas na Figura 3.1.5 e 3.1.6, respectivamente.

TIMAC Agro Ind. e Com. de Fertilizantes Ltda. Av. Carlos Gomes, 1340 - 11° e 12° Andares Bairro Auxiliadora - CEP 90480-001 Porto Alegge/RS CNPJ:: 02-329,713/0001-29 I.E.: 096/2674397 Fábrica: Av. Almirante Maximiano Fonseca, 1550 km2 Distrito Industrial - CEP 96204-040 - Rio Grande/RS CNPJ.: 02.329,71370002-00 I.E.: 100/0194164 % K20 Sol H20 % P2O5 Sol CNA+H2O 5%Ca 12%S (12% S-SO4) N N Total Total 9 6 13 COMPONENTES Amônia Anidra, CSP, NP, SAM, KCI, Uréia, MgO, H2SO4. Contem Aditivos: 0,25% Óleos, 0,55% Antiempedrante, 0,756% Estabilizantes 1.000 Kg NATUREZA FÍSICA: SÓLIDO GRANULADO PESO: 44323 REG. DE PRODUTO NO MAPA CÓDIGO: 267/22-201 LOTE: RS 000155 -0.000044 600 Big Bag's REG. ESTAB. PRODUTOR NO MAPA Qtd do Lote: 03.10.2022 FABRICAÇÃO: RS 000155-0 18 MESES VALIDADE: INDÚSTRIA BRASILEIRA

Figura 3.1.5 - Fertilizante mineral

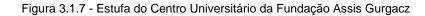
Fonte: Autor

Figura 3.1.6 - Calcário dolomítico

Determinações	Especificações
CaO	Mín. 36,0%
MgO	Mín. 15,0%
PN	Mín. 96,0%
PRNT	Mín. 92,54%
PH	9,0 – 13,0
Umidade	Máx. 1,0%
Retenção (#100)	> 8,0% ≤ 11,0%

Fonte: Ficha Técnica GFC (adaptado pelo autor)

A estufa mencionada anteriormente, representada na Figura 3.1.7, possui um sistema de irrigação automática que opera diariamente. Esta irrigação é realizada em dois momentos distintos do dia, conforme indicado na Figura 3.1.8, onde pode se ver uma névoa na imagem por conta de estar ligado no momento, com duração de 10 minutos cada, programados para as 10 horas da manhã e às 6 horas da tarde.





Fonte: Autor

Figura 3.1.8 - Momento de irrigação dentro da estufa



Fonte: Autor

3.2 ELABORAÇÃO DO PROGRAMA PARA MODULAÇÃO DO SINAL PWM NO ARDUINO®

Após a conclusão do plantio das amostras, empreendeu-se a fase seguinte, que consistiu na pesquisa aprofundada e na elaboração do programa destinado à modulação do sinal PWM no Arduino[®]. Essa etapa envolveu uma abordagem meticulosa na criação do programa, que desempenhará um papel fundamental na manipulação precisa do sinal PWM. A elaboração do programa, tendo por base a biblioteca universal do Arduino[®], foi conduzida com o objetivo de assegurar uma resposta eficiente e adaptável às nuances específicas do experimento em andamento, garantindo assim uma execução precisa e otimizada das funções necessárias.

Com o programa em desenvolvimento, priorizou-se a implementação de algoritmos para a modulação do sinal PWM. Esses algoritmos objetivaram otimizar o controle da intensidade do sinal, levando em consideração as variáveis específicas do ambiente experimental.

A estrutura do programa foi concebida de maneira modular, permitindo uma fácil adaptação e expansão conforme necessário. Para assegurar a robustez do programa, foram realizados testes e validações iterativas, refinando continuamente o código para garantir sua eficiência e confiabilidade. O foco principal reside em proporcionar uma modulação precisa e estável do sinal PWM, essencial para o sucesso do experimento em curso.

Os próximos passos envolvem a integração do programa ao sistema de controle do experimento, seguida por uma fase de testes práticos para validar a eficácia da modulação do sinal PWM na resposta das amostras plantadas. Essa abordagem meticulosa, teve por objetivo, contribuir para resultados mais precisos e significativos ao longo do desenvolvimento do projeto.

O programa desenvolvido e utilizado no projeto estará descrito na Figura 3.2.1, proporcionando uma visão detalhada das funcionalidades e parâmetros essenciais para a condução bem-sucedida do experimento.

Figura 3.2.1 - Código para modulação de sinal PWM

Para determinar a frequência a ser utilizada, considerando que a bobina em questão, trata-se de uma bobina de aplicação automotiva (veículos a gasolina – ciclo Otto) opera entre 4.500 e 5.500 rotações por minuto (rpm) e que ocorre uma faísca a cada 720 graus mecânicos, optou-sepor um valor médio de 5.000 rpm. Ao dividir esse valor por 60, obtivemos 83,33 rotações por segundo (rps). Dado que 1 rps é equivalente a 1 Hertz, 83,33 rps é igual a 83,33 Hertz. Finalmente, considerando que uma rotação completa corresponde a 360 graus, dividiu-se esse valor por 2 para obter a frequência de 41,67 Hertz.

3.3 CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO

Iniciamos a construção do protótipo com a seleção cuidadosa dos componentes necessários para a integração com o sistema Arduino[®]. Cada elemento foi escolhido levando em consideração a eficiência operacional e a compatibilidade com os requisitos específicos do experimento. A disposição e conexão dos sensores, atuadores e demais dispositivos foram planejadas meticulosamente para assegurar uma coleta precisa de dados.

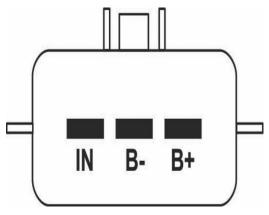
No processo de concepção do protótipo, optou-se por integrar uma bobina automotiva do modelo DELPHI GN10241, conforme apresentado na Figura 3.3.1.



Figura 3.3.1 - Bobina automotiva DELPHI 10241

Esta escolha foi embasada em suas características distintivas, entre as quais se destaca uma tensão operacional de 12V e a presença de três polos, como pode ser visualizado na Figura 3.3.2, onde esses elementos são identificados. Essa seleção específica foi crucial para atender aos requisitos técnicos e funcionais do projeto.

Figura 3.3.2 - Identificação de polos da bobina DELPHI 10241



Fonte: Acelera Peças

Na fase subsequente à seleção da bobina, iniciou-se uma etapa de adaptação, na qual foi integrado dois eletrodos de cobre nos pontos específicos da vela de ignição, conforme indicado na Figura 3.3.3.



Figura 3.3.3 – Pontos de adaptação da vela de ignição

Essa modificação, especificamente demonstrada na Figura 3.3.4, visa não apenas aumentar a área de alcance da bobina, mas também estabelece uma distância de curto-circuito que é ideal para a altura da planta em questão conforme pode ser visto na Figura 3.3.5. Essa abordagem customizada visa melhorar o desempenho do sistema, garantindo uma adaptação precisa às necessidades individuais de crescimento e desenvolvimento de cada vegetal.

Figura 3.3.4 – Modificação da vela de ignição

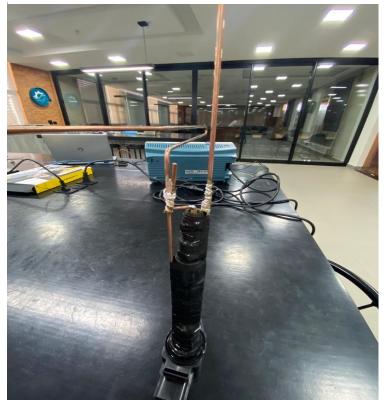
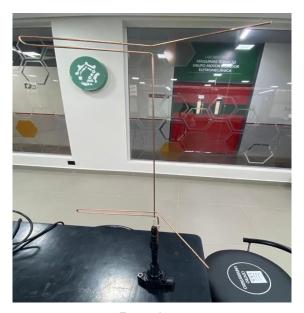


Figura 3.3.5 - Bobina montada com os eletrodos de cobre



Fonte: Autor

Após a conclusão da montagem do equipamento, dedicou-se especial atenção ao desenvolvimento de um suporte robusto em madeira, projetado para proporcionar estabilidade e sustentação ao dispositivo. Essa estrutura foi planejada, visando

assegurar que o equipamento permanecesse de maneira firme e precisa em sua posição durante a execução dos testes conforme pode ser visto na Figura 3.3.6.

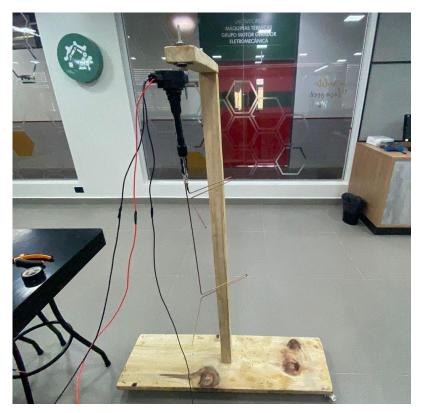


Figura 3.3.6 - Suporte em madeira

Fonte: Autor

3.4 INTEGRAÇÃO DO PROTÓTIPO COM A FONTE DE ALIMENTAÇÃO E O ARDUINO®

Após a conclusão da montagem e fixação do protótipo, procedeu-se à etapa subsequente, que consistiu na alimentação da bobina. Para este propósito, implementou-se uma abordagem cuidadosa, empregando uma fonte de alimentação de 12V conectada ao Arduino®, o qual estava devidamente programado com um código dedicado à modulação do sinal PWM. Essa configuração refinada não apenas proporcionou a alimentação necessária à bobina de forma eficiente, mas também demonstrou a integração sinérgica de componentes avançados para otimizar o desempenho do sistema como um todo.

Após a conclusão de todas as conexões, realizou-se uma minuciosa verificação dos cabos e conexões para assegurar a integridade e correção de cada elemento.

Este procedimento visou garantir não apenas a correção física das conexões, mas também a continuidade elétrica necessária para dar início aos testes. Esse passo crucial de verificação não só atestou a robustez da configuração, mas também estabeleceu uma base sólida para o início dos testes, promovendo a confiança na precisão e confiabilidade dos resultados a serem obtidos.

3.5 PRIMEIRO TESTE REALIZADO

Os experimentos foram conduzidos nas instalações do Laboratório Maker do Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz. Foi selecionado um dos vasos já citados anteriormente, que abrigava quatro mudas plantadas, submetendo especificamente uma (a amostra maior) planta de *Conyza bonariensis* aos eletrodos revestidos de cobre conforme pode ser visto na Figura 3.5.1. Essa abordagem permitiu uma análise comparativa com as amostras adjacentes, avaliando se as plantas seriam afetadas mesmo sem contato direto com os eletrodos. Dessa maneira, buscou-se não apenas compreender os efeitos da exposição direta, mas também avaliar possíveis influências indiretas nas amostras circundantes, enriquecendo assim a abrangência e a relevância dos resultados obtidos.



Figura 3.5.1 - Primeiro teste

Fonte: Autor

No decorrer do primeiro teste, o qua foi feito no dia 18 de novembro de 2023 no Laboratório Maker do Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz às 09:59 am, empregando uma tensão de 12,6 Vcc e sujeitou-se a planta em análise a dois ciclos corridos de descarga, cada um com a duração de 10 segundos. Este procedimento permitiu uma avaliação abrangente da resposta da planta às condições específicas impostas.

Vale ressaltar que a primeira bobina já havia sido utilizada em um automóvel, o mecânico que nos forneceu afirmou que ela estava em boas condições, porém não estava em perfeito estado. Ao final da aplicação do segundo ciclo de descarga, a referida bobina acabousendo danificada.

Apesar do contratempo causado pela falta da bobina, continuamos a análise dos resultados da aplicação e iniciamos a busca por um substituto que atenda às mesmas especificações da bobina anteriormente utilizada.

3.6 SEGUNDO TESTE REALIAZDO

No segundo dia de testes, foi preciso adquirir uma nova bobina devido à queima da primeira. Optou-se por encomendá-la em uma loja especializada, mantendo as especificações já definidas, para não alterar os parâmetros previamente estabelecidos. A nova bobina chegou em 29/11/2023, pertencendo a uma marca diferente como pode ser visto na Figura 3.6.1, mantendo as especificações da bobina anterior.

Figura 3.6.1 - Bobina nova



O laboratório utilizado para a segunda etapa de testes foi o mesmo empregado no primeiro experimento e executado no mesmo dia que a bobina chegou (29/11/2023). O recipiente desta fase continha três amostras da planta daninha Conyza Bonariensis (Buva) como ilustrado na Figura 3.6.2.

Figura 3.6.2 - Amostras usadas para o segundo teste inicialmente



Fonte: Autor

Para não correr o risco de queimar a nova bobina optou-se por empregar uma tensão de 9,6 Vcc e uma corrente em torno de 2,48 A, conforme evidenciado na Figura 3.6.3. Além disso, foi mantido a quantidade de ciclos, apenas prolongando o tempo de exposição, resultando em dois ciclos de 12 segundos cada.

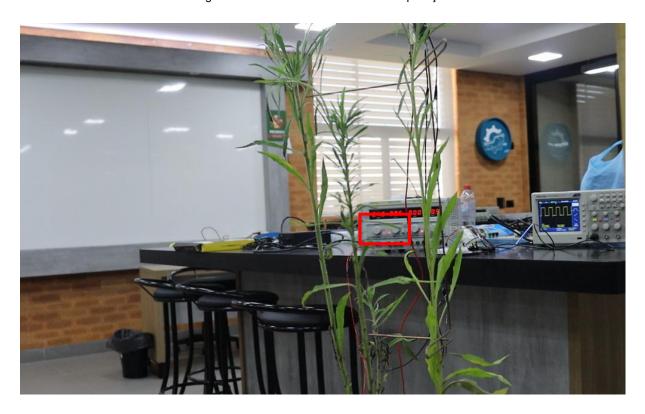


Figura 3.6.3 - Tensão no momento da aplicação

Fonte: Autor

Neste ciclo de experimentos, tomou-se a decisão estratégica de conduzir testes em todas as amostras, com o objetivo de analisar os resultados em uma variedade de estágios de maturidade da planta daninha. A representação visual na Figura 3.6.4 destaca a diversidade maturacional: à esquerda, a amostra exibe uma maturidade mais avançada, enquanto à direita, observa-se uma maturidade intermediária, e no centro, uma maturidade menor é evidente.

Essa abordagem proporcionará não apenas uma compreensão mais holística dos efeitos resultantes da exposição elétrica, mas também lançará luz sobre as respostas específicas das plantas em diferentes fases de seu desenvolvimento. Na mesma Figura, a atenção é voltada não apenas para as características gerais, mas também para a saúde das extremidades das amostras, permitindo uma análise mais detalhada dos efeitos específicos e como a exposição elétrica influencia cada tipo de planta.

Figura 3.6.4 - Diversidade maturacional das amostras



4 RESULTADOS

Após o primeiro teste, a planta que inicialmente exibia boa saúde, conforme ilustrado anteriormente na Figura 3.5.1, começou a manifestar sinais de bloqueio em seu suprimento de nutrientes apenas alguns minutos depois. Esses sinais evidenciaram-se nas folhas, como será destacado na Figura 4.1, a qual foi registrada no mesmo dia às 10:08 am.



Figura 4.1 - Primeiros sintomas após a descarga elétrica na planta daninha

Fonte: Autor

No mesmo dia, às 10:48 am, foi capturada outra imagem da planta apresentada na Figura 4.2, na qual se torna evidente o murchamento progressivo da planta daninha. Os sinais visíveis na fotografia destacam as interferências contínuas na saúde da planta ao longo do tempo.



Figura 4.2 - Enfraquecimento da planta daninha após descarga elétrica

Com o objetivo de realizar uma análise contínua da evolução dos efeitos da descarga elétrica na planta daninha, optou-se por capturar uma imagem da planta daninha a cada dois dias, começando no dia seguinte aos testes e continuando até os dados atuais, 06/12/2023. Essa abordagem nos proporcionará uma visão abrangente da progressão dos impactos ao longo do tempo. Os resultados estão apresentados nas Figuras do **APÊNDICE A**.

Após apresentados os resultados obtidos no decorrer deste teste inicial, emergem transformações notáveis. A planta sujeita à aplicação de descarga elétrica evidenciou, nos primeiros dias, um notório murchamento. Adicionalmente, observouse uma possivel carência de absorção de nutrientes nas extremidades da planta, o que foi claramente identificado pela presença de fitotoxidade, conforme ilustrado na Figura 4.3.



Figura 4.3 - Apresentação de fitotoxidade

A fitotoxidade, que se refere à capacidade de agentes abióticos, como o clima, fungicidas e, no caso em questão, a descarga elétrica, causam danos, muitas vezes irreversíveis, na parte aérea da planta, podem desencadear respostas fisiológicas e/ou bioquímicas. A presença exacerbada de alguns desses componentes, em concentrações superiores às que a planta é capaz de metabolizar especificamente, resulta no surgimento do estresse oxidativo em excesso nas células. Isso é originado pelo aumento na concentração de espécies reativas de oxigênio, gerando um desconforto fisiológico na planta e, por conseguinte, ocasionando danos consideráveis.

Após a detecção visual da fitotoxidade, é possível notar uma progressão na saúde da planta, conforme representado na Figura 4.4. Nessa fase subsequente,

observou-se as características do secamento da planta, acompanhadas da perda total na absorção de nutrientes em suas extremidades. Este desdobramento ilustra vividamente a extensão dos danos causados.



Figura 4.4 - Secamento da planta

Fonte: Autor

Após a descrição dos sintomas manifestados pela planta daninha submetida diretamente à descarga elétrica, é crucial destacar que uma planta adjacente, situada a uma distância de 4 centímetros, também entrou em contato com ambos os eletrodos. Esta interação está documentada na Figura 4.5, capturada a partir de um momento específico do vídeo do teste, onde a planta se conectou aos eletrodos, exibindo sintomas resultantes da descarga elétrica.



Figura 4.5 - Momento em que a segunda planta entra em contato com os eletrodos

É importante ressaltar que os sintomas observados nessa planta vizinha apresentam as mesmas características, más com uma intensidade inferior em comparação à planta principal como visto anteriormente na Figura 4.4. Esta constatação ressalta a complexidade das respostas fisiológicas, subjacente à necessidade de compreender a diversidade de reações a condições semelhantes. Essa análise visual e comparativa entre as plantas oferece resultados detalhados para futuras investigações relacionadas a intervenções eletrofisiológicas em plantas.

De maneira análoga, é possível observar que as plantas que foram encontradas sem contato direto com os eletrodos não exibiriam quaisquer danos associados à descarga elétrica, conforme ilustrado na Figura 4.6. Essa constatação reforça a

evidência de que a aplicação da descarga elétrica, focalizada especificamente nos pontos de contato com os eletrodos, desempenha um papel determinante nos efeitos observados nas plantas.

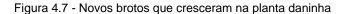




Fonte: Autor

De maneira complementar, a análise revela que as plantas que mantiveram uma distância segura dos eletrodos não apenas visualmente ilesas, como também se mostraram isentas de qualquer forma de estresse ou manifestação dos sintomas decorrentes da descarga elétrica. Essa observação corrobora a conclusão de que o contato direto com os eletrodos é um fator crucial na indução dos efeitos observados.

Pode-se notar também que a planta daninha passou a encontrar outra forma de sobreviver, secou toda a sua extremidade superior e começou a soltar brotos da parte do caule que ainda estava saudável como apresentado na Figura 4.7





Fonte: Autor

Logo, é possível deduzir que a planta adota mecanismos de autodefesa em sua busca pela sobrevivência, utilizando cada ponto saudável remanescente. Nesse contexto, seria necessário aplicar descargas adicionais para concluir o ciclo, visando a eliminação completa da planta daninha. Este processo evidencia a resiliência da planta e destaca a necessidade de um esforço contínuo para assegurar sua eficaz

erradicação, mas torna-se necessário lembrar que cada planta reage de maneira diferente e que para algumas uma descarga apenas é suficiente, enquanto para outras, uma aplicação sequencial será necessária. Essa variabilidade ressalta a importância de adaptação da abordagem de controle elétrico às características individuais de cada espécie de planta.

No segundo teste realizado pode ser visto que após a conclusão dos testes, é possível observar, diferentes níveis de reações em cada uma das amostras como evidenciado nas Figuras apresentadas no **APÊNDICE B**.

Em todas as plantas, é evidente um fenômeno de murchamento semelhante ao observado na planta do teste inicial, embora com variações notáveis em sua intensidade. Este efeito uniforme, mas diferenciado em grau, destaca a consistência na resposta das plantas ao estímulo elétrico, ao mesmo tempo em que sublinha a influência de fatores individuais nas diferentes intensidades de murchamento observadas.

De maneira semelhante ao primeiro teste e visando realizar uma análise contínua da evolução dos efeitos da descarga elétrica na planta daninha, foi decidido capturar uma imagem da planta a cada dois dias, começando no dia subsequente aos testes e estendendo-se até a data mais recente, 06/12/2023. Essa abordagem proporcionará uma visão abrangente da progressão dos impactos ao longo do tempo. Os resultados serão apresentados nas Figuras do **APÊNDICE C**.

Assim como mencionado anteriormente, observa-se que cada planta responde de forma única a esse método de controle. Nota-se que a planta daninha com menor maturidade apresentou um murchamento tanto nas folhas quanto no caule, e após sete dias, já começou a exibir o ressecamento de algumas folhas, conforme evidenciado na Figura 4.8.



Figura 4.8 - Resultado planta com menor maturidade

Continuando, a planta daninha com maturidade intermediária exibiu um murchamento inicial, e após três dias da descarga, uma considerável porção de suas folhas começou a apresentar sinais de secagem. No quinto dia, o caule da planta começou a escurecer por completo, indicando sintomas de fitotoxidade, e no sétimo dia, como evidenciado na Figura 4.9, foi possível observar um quase completo ressecamento da planta.



Figura 4.9 - Resultado planta com maturidade intermediária

Finalmente, a planta daninha com estágio de maturidade mais avançado demonstrou, nos primeiros dias, um murchamento em algumas folhas, seguido de subsequente ressecamento. No quinto dia, seu caule começou a adquirir uma coloração mais escura, e ao atingir o sétimo dia, a única alteração perceptível foi o aumento da intensidade do escurecimento do caule, conforme a Figura 4.10.



Figura 4.10 - Resultado planta com maior maturidade

Este padrão de resposta destaca a influência da maturidade da planta na progressão dos efeitos resultantes da exposição elétrica.

5 DISCUSSÕES

Em suma, este estudo buscou explorar e avaliar a viabilidade do controle de plantas daninhas por meio de descargas elétricas em comparação com o uso convencional de herbicidas. Ao longo das análises detalhadas realizadas, ficou evidente que as descargas elétricas desencadeiam respostas distintas nas plantas, destacando a eficácia desse método como uma alternativa sustentável aos produtos químicos tradicionais.

A observação da variabilidade nas respostas das plantas em diferentes estágios de maturidade enfatiza a necessidade de uma abordagem personalizada ao controle elétrico, considerando as características individuais de cada espécie e período. A análise sequencial ao longo do tempo proporcionou uma compreensão dinâmica da evolução dos efeitos, reforçando a importância de uma vigilância contínua para otimizar os resultados.

Além disso, a abordagem elétrica revelou-se promissora não apenas pela sua eficácia no controle de plantas específicas, mas também por sua natureza sustentável, eliminando a dependência de herbicidas químicos prejudiciais ao meio ambiente.

6 CONCLUSÃO

Portanto, este estudo não apenas contribui para a crescente base de conhecimento na área, mas também destaca as potenciais aplicações e benefícios dessa inovadora abordagem no manejo de plantas daninhas. Espera-se que estas descobertas inspirem futuras pesquisas, como descobrir qual a frequência base necessária para controle desta planta daninha, ou testar este equipamento para outros tipos de plantas daninhas. E incentivem também a adoção de práticas agrícolas mais sustentáveis.

REFERÊNCIAS

ALVES, Raimundo Nazareno Cunha. Analise e implementagao de tecnicas de Modulagao em Largura de Pulso para uso em inversores trifásicos. 1998. 221 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 1998. Disponível em: http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/xmlui/handle/riufcg/11738. Acesso em: 15 out. 2023.

ASSIS, André Koch Torres. **Os Fundamentos Experimentais e Históricos da Eletricidade**. 2. ed. Campinas: Apeiron Montreal, 2018. Disponível em: https://www.ifi.unicamp.br/~assis/Eletricidade-Vol-2.pdf. Acesso em: 23 maio 2023.

ÁVILA, Heron Eduardo de Lima. **Grandezas Elétrias**: conceitos básicos. São José: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, 2018. Disponível em: https://wiki.sj.ifsc.edu.br/images/b/ba/Introducao_Tens%C3%A3o_-_Corrente_-_Potencia_-_Energia.pdf. Acesso em: 24 maio 2023.

BONATO, Êmídio Rizzo; BONATO, Ana Lidia Variani. **A SOJA NO BRASIL**: história e estatística. Londrina: Empresa Brasilei Ra de Pesquisa Agropecuária - Embrapa, 1987. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA - CNPSo. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/446431/1/Doc21.pdf. Acesso em: 07 maio 2023.

BRASIL. Constituição (1989). Lei nº 7802, de 11 de julho de 1989. Lei Nº 7.802, de 11 de Julho de 1989.: Dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências.. Diário Oficial da União, BRASÍLIA, 12 jul. 1989. Seção 1. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l7802.htm#:~:text=Fica%20proibido%20o% 20fracionamento%20ou,nos%20estabelecimentos%20produtores%20dos%20mesm os.. Acesso em: 19 maio 2023.

(BRASIL), Inbraep - Instituto Brasileiro de Ensino Profissionalizante (org.). **O que é Tensão elétrica?** 2020. Disponível em: https://inbraep.com.br/publicacoes/tensao-eletrica/#:~:text=Tens%C3%A3o%20el%C3%A9trica%20%C3%A9%20a%20for%C3%A7a,d.d.p)%20ou%20uma%20tens%C3%A3o%20el%C3%A9trica.. Acesso em: 24 maio 2023.

CAZZONI, Décio Luiz. **Manejo de Pragas da soja**: uma abordagem histórica. Londrina: Embrapa-Cnpso/Spi, 1994. Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/449293. Acesso em: 22 maio 2023.

CEZÁRIO, Ingrid Carolini. **ESTUDO EXPERIMENTAL E MODELAGEM NUMÉRICA DE CAMPOS ELETROMAGNÉTICOS DE UMA FONTE CHAVEADA DE BAIXA POTÊNCIA**. 2012. 85 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica,
Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012. Disponível em:
https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/106730/317559.pdf?sequence
=1&isAllowed=y. Acesso em: 20 out. 2023.

CHASE, Otavio. Sistemas Embarcados. In: SOCIEDADE BRASILEIRA DE AUTOMATICA, 1., 2010, Bonito. **Sistemas Embarcados.** Bonito: Sbajovem, 2010. p. 1-7. Disponível em: https://www.maxpezzin.com.br/aulas/6_EAC_Sistemas_Embarcados/1_SE_Introduc ao.pdf. Acesso em: 15 out. 2023.

DALL'AGNOL, Eng^o Agr^o Amélio. A SOJA NO BRASIL: evolução, causas, impactos e perspectivas. In: MERCOSOJA, 5., 2011, Rosário. **A SOJA NO BRASIL.** Rosário: Quinto Congreso de La Soja del Mercosur Primer Foro de La Soja Asia - Mercosur, 2011. p. 1-4. Disponível em: https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/906861/1/amelio.soja.2011.pdf. Acesso em: 06 maio 2023.

DÉDA, Cainan Flamarion Matos. **USO DOS DEFENSIVOS AGRÍCOLAS E SEUS IMPACTOS AO MEIO AMBIENTE E À SAÚDE**: uma revisão integrativa da literatura.

2022. 72 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Agronômica, Centro Universitário Bacharelado em Engenharia Agronômica, Paripiranga, 2022. Disponível em: https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/24223/1/TCC%20-%20CAINAN%20FLAMARION%20MATOS%20D%c3%89DA%20%20RUNA.pdf. Acesso em: 19 maio 2023.

FOWLER, Richard. **Fundamentos de Eletricidade**: corrente contínua e magnetismo. 7. ed. Porto Alegre: Amgh Editora Ltda, 2013. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=qBouFbUOiMMC&oi=fnd&pg=PP5&dq=corrente+continua&ots=QX6pBIF 8zk&sig=p9sUP_2QoFPqc90caiuBM4UJBII#v=onepage&q=corrente%20continua&f=false. Acesso em: 26 maio 2023.

FREITAS, Eduardo de. "Expansão da Soja no Brasil"; *Brasil Escola*. Disponível em: https://brasilescola.uol.com.br/brasil/a-expansao-soja-no-brasil.htm. Acesso em 12 de junho de 2023.

FREITAS, Pedro Luiz de. **Sistema Plantio Direto**: conceitos, adoção e fatores limitantes. 31. ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agrícultura, Pecuária e Abastecimento, 2005. 9 p. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/855711/1/comtec31-2005-plantio-direto.pdf. Acesso em: 16 maio 2023.

GOMES, Eng. Alcides Tadeu. **Telecomunicações**: transmissão. 6. ed. São Paulo: Livros Érica Editora Ltda, 1985.

GOMES, Pimentel. A soja. São Paulo: Livraria Nobel S.A., 1975.

KOCHHANN, Rainoldo Alberto; DENARDIN, José Eloir. **Implantação e Manejo do Sistema Plantio Direto**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000. 36 p. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/84084/1/CNPT-DOCUMENTOS-20-IMPLANTACAO-E-MANEJO-DO-SISTEMA-PLANTIO-DIRETO-FL-13398.pdf. Acesso em: 16 maio 2023.

LORENZI, H. Manual de identificação e controle de plantas daninhas. Instituto Plantarum de Estudos da Flora LTDA, São Paulo, 2000.

LUZZI, Eduardo. ANÁLISE E DESENVOLVIMENTO DA TÉCNICA DUTY CYCLING PARA REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA DA COMUNICAÇÃO A RÁDIO. 2015. 84 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia da Computação, Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/25231/TCC_EduardoLuzzi.%20AN%c3 %81LISE%20E%20DESENVOLVIMENTO%20DA%20T%c3%89CNICA%20%20DU TY%20CYCLING%20PARA%20REDUCAO%20DO%20CONSUMO%20DE%20ENE RGIA%20DA%20COMUNICACAO%20A%20RADIO..pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 22 out. 2013.

MARCHI, Giuliano; MARCHI, Edilene Carvalho Santos; GUIMARÃES, Tadeu Graciolli. **Herbicidas**: mecanismos de ação e uso. 227. ed. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008.

Disponível em: https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/571939/1/doc227.pdf. Acesso em: 22 maio 2023.

MARKUS, Otávio. **Circuitos Elétricos**: corrente contínua e corrente alternada. 9. ed. [S.L.]: Saraiva, 2011. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=YYdiDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT4&dq=related:pCinXralZt0J:scholar.google.com/&ots=S7fGNnlecP&sig=Xy5iZTCogi8s8AZW0lFiuQ1JK5Q#v=onepage&q&f=false. Acesso em: 24 maio 2023.

MCROBERTS, Michael. **Arduino Básico**: crie projetos simples e práticos com arduino, usando instruções passo a passo e diagramas fáceis de acompanhar, nenhuma experiencia é necessária. 2. ed. São Paulo: Novatec Editora Ltda, 2015. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&Ir=&id=kfZyDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT5&dq=arduino&ots=1RC0u4CVLM&sig=T26SsYfQk5deqmFWHq_5Tz0Ki2M#v=onepage&q=arduino&f=false. Acesso em: 17 out. 2023.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO DO BRASIL. NR 10: SEGURANÇA EM

INSTALAÇÕES E SERVIÇOS EM ELETRICIDADE. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego do Brasil, 1978. Disponível em: https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/acesso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/ctpp/arquivos/normas-regulamentadoras/nr-10.pdf. Acesso em: 24 maio 2023.

MIRANDA, Prof. Fernando. **Oscilador de Relaxação**. Florianópolis: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, 2012. Departamento Acadêmico de Eletrônica. Disponível em: https://professorpetry.com.br/Ensino/Repositorio/Docencia_CEFET/Osciladores_Mult ivibradores/2012_1/Apresentacao_Aula_12.pdf. Acesso em: 24 maio 2023.

MOTTER, Daniel. Modelagem Computacional de Funções de Proteção Baseadas em medidas de Frequência para Detecção de Ilhamento de Geração Distribuída. 2014. 169 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Departamento de Engenharia Elétrica e Computação, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18154/tde-14032014-083240/publico/Daniel.pdf. Acesso em: 25 out. 2023.

OLIVEIRA JUNIOR, Rubem Silvério de; CONSTANTIN, Jamil; INOUE, Miriam Hiroko. **Biologia e Manejo de Plantas Daninhas**. Curitiba: Omnipax, 2011. Disponível em: https://saulcarvalho.com.br/wp-content/uploads/2016/10/livro-oliveira-constantin.pdf. Acesso em: 22 maio 2023.

PAZINI, R. C.; Mingotte, F. L. C. PRINCÍPIOS AGROECOLÓGICOS NO AGRONEGÓCIO. **SIMTEC - Simpósio de Tecnologia da Fatec Taquaritinga**, v. 3, n. 1, p. 8, 24 set. 2017.

PORTO, Thomás Monteiro Sobrino. **ESTUDO DOS AVANÇOS DA TECNOLOGIA DE IMPRESSÃO 3D E DA SUA APLICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL.** 2016. 93 f.

TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica, Universidade
Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016. Disponível em:

https://www.arataumodular.com/app/wp-content/uploads/2022/07/Estudo-dosAvancos-da-Tecnologia-de-Impressao-3d-e-da-Sua-Aplicacao-na-Construcao-

Civil.pdf. Acesso em: 17 out. 2023.

SANTOS, Mauricio Siqueira dos. **Buva em soja**: confira os casos de resistência aos herbicidas. confira os casos de resistência aos herbicidas. 2021. Disponível em: https://maissoja.com.br/buva-em-soja-confira-os-casos-de-resistencia-aos-herbicidas/. Acesso em: 12 jun. 2023.

SCIENCE, Bayer Crop. **Plantas daninhas da Soja**: quais as mais comuns e como controlá-las?. quais as mais comuns e como controlá-las?. 2022. AGRO BAYER BRASIL. Disponível em: https://www.agro.bayer.com.br/conteudos/plantas-daninhas-da-soja. Acesso em: 18 abr. 2023.

SILVA, Cibelle Celestino; PIMENTEL, Ana Carolina. **UMA ANÁLISE DA HISTÓRIA DA ELETRICIDADE PRESENTE EM LIVROS DIDÁTICOS**: o caso de benjamin franklin+ * 1. 2008. 25 v. Tese (Doutorado) - Curso de Física, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007. Disponível em: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5165974. Acesso em: 22 maio 2023.

APÊNDICE A - IMAGENS DOS RESULTADOS DO PRIMEIRO TESTE REALIZADO

Resultado dia: 19/11/2023



Fonte: Autor

Resultado dia: 21/11/2023



Fonte: Autor

Resultado dia: 23/11/2023



Fonte: Autor

Resultado dia: 25/11/2023



Fonte: Autor

Resultado dia: 27/11/2023



Fonte: Autor

Resultado dia: 29/11/2023



Fonte: Autor

Resultado dia: 01/12/2023



Fonte: Autor

Resultado dia: 03/12/2023



Fonte: Autor

Resultado dia: 05/12/2023



Fonte: Autor

APÊNDICE B - RESULTADOS INICIAIS DO SEGUNDO TESTE

Planta com maior maturidade



Figura 6.38 - Planta com maturidade intermediária



Fonte: Autor

Planta com menor maturidade



Fonte: Autor

APÊNDICE C - RESULTADOS POSTERIORES DO SEGUNDO TESTE

Resultado dia: 30/11/2023



Fonte: Autor

Resultado dia: 02/12/2023



Fonte: Autor

Resultado dia: 04/12/2023



Fonte: Autor

Resultado dia: 06/12/2023



Fonte: Autor