**Detecção do efeito de herbicidas em plantas herbáceas   
utilizando processamento digital de imagens**

***Escrito por:*** *Leandro Gameleira do Rego****Sob a orientação de:*** *Patricio de Alencar Silva*

***Resumo:*** *Este artigo descreve uma abordagem de pesquisa para detectar visualmente os efeitos dos herbicidas em plantas daninha usando processamento de imagens. Essa abordagem visa entender melhor os efeitos dos herbicidas e desenvolver alternativas mais sustentáveis. A metodologia envolve revisão da literatura, prototipação de algoritmos de processamento de imagens e validação dos resultados. O objetivo é contribuir para o manejo eficaz de plantas daninhas, preservando a saúde das culturas agrícolas e do meio ambiente.*

1. **INTRODUÇÃO:**

O uso de herbicidas desempenha um papel fundamental no controle de plantas daninhas e na manutenção da produtividade agrícola. Os herbicidas são substâncias químicas desenvolvidas para eliminar ou reduzir o crescimento de plantas indesejadas, conhecidas como plantas daninhas, que competem por recursos vitais, como luz, água e nutrientes, com as plantas cultivadas. Embora esses produtos químicos sejam amplamente utilizados, é essencial entender os efeitos que eles podem ter nas plantas herbáceas, que são um componente vital dos ecossistemas naturais e dos sistemas agrícolas. As plantas herbáceas, caracterizadas por caules macios e flexíveis, desempenham papéis importantes nos ecossistemas, incluindo a ciclagem de nutrientes, a estabilização do solo e a proteção contra a erosão. No entanto, quando expostas aos herbicidas, essas plantas podem sofrer uma série de efeitos negativos que podem afetar seu crescimento, desenvolvimento e sobrevivência.

Os efeitos dos herbicidas em plantas podem variar dependendo da espécie de planta, do tipo de herbicida utilizado, da dose aplicada e das condições ambientais em que as plantas estão expostas. Esses efeitos podem incluir descoloração das folhas, amarelecimento, necrose, inibição de crescimento, redução na taxa de fotossíntese e alterações na estrutura celular. Além disso, os herbicidas podem ter efeitos indiretos, influenciando a composição e a diversidade da comunidade de plantas herbáceas em ecossistemas naturais ou agrícolas. Compreender os efeitos dos herbicidas em plantas herbáceas é crucial para garantir a eficácia do controle de plantas daninhas, bem como minimizar os impactos negativos no meio ambiente. Além disso, a investigação desses efeitos pode levar ao desenvolvimento de estratégias de manejo mais sustentáveis, como o uso de herbicidas seletivos ou o desenvolvimento de plantas herbáceas resistentes ou tolerantes a herbicidas.

* 1. **Contexto do Estudo**

A detecção visual do efeito de herbicidas em plantas herbáceas pode ser realizada por meio da observação de características visíveis nas plantas, como alterações de cor, necrose, crescimento retardado, deformações foliares ou outras anomalias. Essa detecção visual pode ser realizada tanto em campo quanto em laboratório.

A detecção do efeito de herbicidas em plantas herbáceas usando processamento digital de imagens é uma abordagem promissora que combina a tecnologia de visão computacional com a análise de imagens para avaliar objetivamente os efeitos dos herbicidas nas plantas. Essa abordagem permite uma análise mais precisa, automatizada e quantitativa, superando as limitações da detecção visual subjetiva. É importante destacar que a implementação específica de um algoritmo de processamento de imagens para a detecção do efeito de herbicidas em plantas herbáceas pode variar dependendo das características das plantas, dos herbicidas utilizados e das condições experimentais.

* 1. **Problemática da Pesquisa**
     1. Questão Geral:
* Como Identificar visualmente de maneira ágil o efeito de herbicidas em plantas daninhas utilizando Algorítmicos de processamento digital de Imagens
  + 1. Questões Conceituais
* Como herbicidas são atualmente aplicados no combate a ervas daninhas em contato com culturas de base (p.ex.: milho, soja ou feijão)?
  + Como é feita a identificação visual de características de plantas daninhas?
  + Como os herbicidas são aplicados com base nesse tipo de identificação?
  + Quais são os problemas atuais nesse tipo de abordagem?
    1. Questões Técnicas:
* Como o processamento digital de imagens pode ser utilizado para detectar e avaliar objetivamente o efeito de herbicidas em ervas daninhas e culturas de base?
  + Quais características de imagem são mais relevantes para a detecção e quantificação dos efeitos dos herbicidas em ervas daninhas?
  + Quais métodos de segmentação de imagens são mais eficazes para isolamento das áreas de interesse?
  + Quais combinações de técnicas de processamento digital de imagens poderiam ser usadas para uma análise mais precisa dos efeitos dos herbicidas em ervas daninhas?
    1. Questões Práticas:
* Quais impactos econômicos e ambientais podem derivar de uma abordagem baseada em processamento digital de imagens para monitoramento de ervas daninhas?
  + Em que os resultados obtidos por meio do processamento digital de imagens são mais precisos do que observações visuais ou medições laboratoriais tradicionais?
  + Quais seriam os benefícios econômicos ou ambientais do uso de tal abordagem? Quais partes interessadas poderiam ser beneficiadas e como?
  1. **Objetivos**

Nesta pesquisa, exploraremos os efeitos dos herbicidas em plantas herbáceas, abordando questões relacionadas às respostas fisiológicas e bioquímicas das plantas, interações com fatores ambientais, desenvolvimento de resistência, impactos em ecossistemas adjacentes e alternativas aos herbicidas convencionais.

* + 1. Objetivo Geral:
* Ao avançarmos em nosso entendimento sobre esse tema, esperamos contribuir para a adoção de práticas agrícolas mais sustentáveis e o manejo eficaz de plantas daninhas, preservando a saúde das plantas herbáceas e a integridade dos ecossistemas em que elas estão inseridas.
  + 1. Objetivos Específicos:
* Elaborar uma Revisão Sistemática de Literatura sobre o processo de identificação visual do efeito de herbicidas em plantas daninhas utilizando processamento digital de imagens.
* Construir um portifólio de Algoritmos que permita o processamento de imagens digitais que permita agilizar o processo de identificação dos efeitos dos herbicidas em plantas, principalmente em ervas daninhas.
* Identificar quais os principais benefícios da utilização de Processamento de imagens no processo de controle de plantas daninhas em culturas agrícolas.
  1. **Metodologia**

Nesta seção traz uma explanação sobre o paradigma Design Science, que será utilizada no desenvolvimento deste estudo, e sobre cada método a ser desenvolvida, contemplada por um círculo dessa metodologia: investigação do problema, projeto de tratamento e validação.

Diagrama

Descrição gerada automaticamente

Figura 1: Ciclo da Pesquisa Design Science - Elaboração do Autor

A Figura 1 apresenta os métodos que serão desenvolvidos durante a pesquisa, partindo das questões que compõem o conjunto problema ´para que se possa chegar ao conjunto solução desejado.

* + 1. Revisão Sistemática de Literatura:

A sistematização da literatura tem como objetivo identificar, por meio de um processo minucioso, estudos que abordam os métodos de identificação dos efeitos visuais de herbicidas na vegetação, principalmente nas ervas daninhas. A intenção do estudo é buscar identificar em artigos a serem selecionados, sobretudo, os métodos que se utilizam de processamento digital de imagens com esse fim; buscando também aferir as limitações encontradas, os algoritmos empregados, os requisitos considerados e os métodos de validação empregados.

Para tanto, far-se-á buscas em bases de dados como CAB Abstracts, Current Contents Connect, IEEE Xplore Digital Library, Scopus e Science Direct e Web of Science, entre outras, que possam abranger a área de pesquisa em Processamento digital de imagens e/ou efeitos de herbicidas em plantas.

Ao realizar as buscas, serão utilizados critérios de inclusão e exclusão pré-definidos, a fim de selecionar os estudos relevantes para o objetivo da pesquisa. Os critérios podem ter envolvido aspectos como o período de publicação, idioma, tipos de estudo, entre outros, de acordo com estratégia definida para cada base de dados. Após a busca, os artigos serão submetidos a uma análise detalhada, com o intuito de extrair informações relevantes sobre os métodos empregados, bem como limitações, arquiteturas, requisitos e validações realizadas.

A sistematização da literatura visa proporcionar uma visão abrangente e organizada sobre o estado ora proposto relacionada com o desenvolvimento de um artefato, algoritmo e/ou instrumento metodológico que permita aferir visualmente por meio de processamento digital o efeito de herbicidas em plantas daninhas. A análise crítica dos estudos disponíveis permitirá identificar lacunas no conhecimento e direcionar esta e outras pesquisas nesse campo.

* + 1. Prototipação

O objetivo da prototipação é projetar e implementar os artefatos da pesquisa. O primeiro passo nesse processo é o desenvolvimento de um algoritmo de processamento de imagens que permita a identificação e isolamento das plantas a serem analisadas e em seguida identifique se elas estão sofrendo efeitos de degradação resultante de envenenamento por herbicidas. O processo de desenvolvimento do algoritmo seguirá os seguintes passos: Coleta e preparação dos dados, Definição de variáveis e características, Desenvolvimento do modelo de detecção, Validação do modelo e Implementação e integração.

A Coleta e preparação dos dados será necessário para obter informações relevantes sobre as plantas em estudo, como características morfológicas, dados espectrais, histórico de aplicação de herbicidas e registros de possíveis sintomas de envenenamento. Esses dados serão preparados e organizados para serem utilizados no desenvolvimento do algoritmo.

A Definição de variáveis e características será feita com base nos dados coletados, sendo necessário identificar as que sejam relevantes para a detecção de envenenamento por herbicidas. Isso pode incluir propriedades espectrais das plantas, alterações morfológicas, presença de sintomas específicos e informações sobre o uso de herbicidas na região.

O Desenvolvimento do modelo de detecção se utilizará das variáveis e características relevante identificadas, e permitirá a detecção usando técnicas de aprendizado de máquina e/u processamento digital de imagem. O modelo será treinado utilizando um conjunto de dados anotados, onde as plantas afetadas pelo envenenamento por herbicidas são marcadas como positivas e as plantas saudáveis como negativas. O objetivo é que o modelo aprenda a distinguir entre plantas saudáveis e afetadas.

* + 1. Validação e Implementação

A Validação da solução será feita após o treinamento do modelo, que será testado em um conjunto de dados separado e não utilizado no treinamento. A precisão e eficácia do algoritmo serão avaliadas por meio de métricas apropriadas, como a taxa de acerto, a sensibilidade e a especificidade. Serão feitas análises comparativas para verificar se o algoritmo é capaz de identificar corretamente as plantas envenenadas e distinguir das plantas saudáveis.

Uma vez validado, o algoritmo será implementado em uma aplicação ou sistema de suporte para análise de plantas envenenadas por herbicidas. Esse sistema pode ser integrado a outras ferramentas ou dispositivos utilizados na análise e monitoramento de plantas, permitindo a identificação rápida e precisa dos efeitos de degradação resultantes do envenenamento.

Ao seguir esses passos, o desenvolvimento do algoritmo permitirá a identificação e isolamento das plantas a serem analisadas, bem como a detecção de possíveis efeitos de degradação resultantes do envenenamento por herbicidas. Isso proporcionará uma abordagem eficiente para monitorar e avaliar o impacto desses produtos nas plantas, auxiliando na tomada de decisões e no manejo adequado dos recursos vegetais.

* 1. **Premissas**

Para o desenvolvimento do trabalho de detecção do efeito de herbicidas em plantas daninhas, é importante considerar algumas premissas que podem influenciar o projeto tais como:

* Disponibilidade de dados: É fundamental contar com dados adequados para treinar e validar o algoritmo de detecção. Isso inclui a disponibilidade de registros históricos sobre o uso de herbicidas, dados espectrais das plantas, informações sobre sintomas de envenenamento e outros dados relevantes. A qualidade e representatividade desses dados serão cruciais para o sucesso do trabalho.
* Acesso a especialistas e recursos: É importante contar com a expertise de profissionais especializados em herbicidas, toxicologia vegetal e detecção de envenenamento em plantas. Esses especialistas podem fornecer insights valiosos para o desenvolvimento do algoritmo, bem como orientação durante o processo de validação e interpretação dos resultados.
* Variedade de plantas e herbicidas: É essencial considerar uma ampla variedade de espécies vegetais e diferentes tipos de herbicidas em desenvolvimento do algoritmo. Os efeitos de envenenamento podem variar entre espécies e diferentes produtos químicos. Portanto, é importante ter uma amostra representativa que abranja diferentes combinações de plantas e herbicidas relevantes para a aplicação em questão.
* Validação cruzada: Um procedimento importante para avaliar a robustez e eficácia do algoritmo desenvolvido é a validação cruzada. Isso envolve testar o algoritmo em conjuntos de dados diferentes dos utilizados no treinamento, a fim de verificar sua capacidade de generalização. A validação cruzada ajuda a mitigar o risco de overfitting e fornece uma avaliação mais realista do desempenho do algoritmo.
* Avaliação constante e refinamento iterativo: O desenvolvimento de um algoritmo de detecção é um processo contínuo e iterativo. À medida que novos dados são coletados e o algoritmo é aplicado em diferentes contextos, é importante avaliar constantemente sua eficácia e realizar refinamentos necessários. Isso pode envolver a inclusão de novas características, ajustes nos parâmetros do modelo ou a exploração de técnicas de aprendizado de máquina mais avançadas.

Essas premissas fornecem uma base para o desenvolvimento do trabalho de detecção de envenenamento de plantas daninhas por herbicidas. Levá-las em consideração ajudará a orientar o projeto, garantindo a utilização de dados adequados, o envolvimento de especialistas relevantes e a busca contínua por melhorias no algoritmo de detecção.

* 1. **Estrutura do Trabalho**

Uma provável estrutura para a pesquisa de detecção dos efeitos de herbicidas em ervas daninha, considerando a revisão sistemática de literatura, a prototipação e a validação do algoritmo seria:

1. Introdução
   1. Contextualização do problema do envenenamento por herbicidas em plantas.
   2. Apresentação da importância da detecção precoce e precisa desse fenômeno
   3. Objetivos do trabalho e visão geral da abordagem proposta.
2. Revisão sistemática de literatura
   1. Descrição do processo de revisão sistemática realizado.
   2. Apresentação das bases de dados pesquisadas e critérios de seleção dos estudos.
   3. Discussão dos estudos encontrados, abordando métodos, limitações e resultados relacionados ao tema da detecção de efeitos de herbicidas em plantas.
   4. Identificação de lacunas no conhecimento e justificativa para o desenvolvimento do algoritmo proposto.
3. Metodologia
   1. Descrição dos passos metodológicos adotados para o desenvolvimento do algoritmo.
   2. Detalhamento da coleta e preparação dos dados utilizados.
   3. Explicação da escolha das variáveis e características relevantes para a detecção.
   4. Apresentação das técnicas de aprendizado de máquina ou processamento de imagem empregadas na prototipação do algoritmo.
   5. Descrição dos procedimentos de validação adotados.
4. Prototipação do algoritmo
   1. Descrição da construção das ontologias de domínio na área da saúde, que serviram como base para o desenvolvimento do algoritmo.
   2. Apresentação das etapas de modelagem e iterações realizadas para alcançar um modelo adequado.
   3. Discussão dos resultados obtidos durante a prototipação, destacando os desafios enfrentados e as soluções encontradas.
5. Validação do algoritmo
   1. Apresentação dos conjuntos de dados utilizados na validação do algoritmo.
   2. Descrição dos procedimentos de validação cruzada adotados.
   3. Análise dos resultados obtidos, incluindo métricas de desempenho e comparação com outros métodos ou abordagens existentes.
   4. Discussão dos resultados e interpretação de sua relevância para a detecção de envenenamento de plantas daninha por herbicidas.
6. Considerações Finais
   1. Recapitulação dos principais pontos do trabalho.
   2. Discussão dos impactos e contribuições do algoritmo proposto.
   3. Apresentação de possíveis trabalhos futuros para aprimoramento e expansão do algoritmo.
7. Referências Bibliográficas

Essa estrutura proposta permite abordar de forma organizada e sequencial os diferentes estágios do trabalho, desde a revisão sistemática da literatura até a validação do algoritmo desenvolvido.