

UCDB – UNIVERSIDADE CATÓLICA DOM BOSCO
ENGENHARIAS MECATRÔNICA, MECÂNICA E DE COMPUTAÇÃO
GPEC – GRUPO DE PESQUISA EM ENGENHARIA E COMPUTAÇÃO

PLANO DE TRABALHO

MEDIÇÃO AUTOMÁTICA DE EFEITO DE HERBIVORIA EM FOLHAS DE SOJA
UTILIZANDO TÉCNICAS DE SEGMENTAÇÃO E APRENDIZAGEM
SUPERVISIONADA

ACADÊMICO: DIOGO SANT'ANA SARATH **RA:** 132537

CURSO: ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO **SEMESTRE:** 9º

E-MAIL: diogo_sarath@hotmail.com

PROFESSOR ORIENTADOR: PROF. DR. HEMERSON PISTORI

E-MAIL: pistori@ucdb.br

CAMPO GRANDE / MS

2014

RESUMO

Este trabalho visa a implementação de uma ferramenta para medição automática dos danos causados pela herbivoria nas folhas de soja. Através da comparação entre as medidas das áreas anteriores e posteriores a herbivoria será possível identificar o efeito de cada tratamento em relação a diminuição do ataque as folhas. Para a herbivoria será utilizada a lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith), que ao se alimentar da planta estimula a produção de fitoalexinas, que são ausentes na planta sadia e ficam acumulados no local ou nos arredores da infecção. Essas substâncias possuem atividade inibidora sobre bactérias, fungos, nematóides, vírus e efeito toxico para animais e para as próprias plantas e com isso possivelmente ocasionar a morte da lagarta ou faze-la diminuir o consumo.

1. CONTEXTUALIZAÇÃO E JUSTIFICATIVA

O Brasil, no período recente, tem apresentado um quadro de grande crescimento no agronegócio, destacando-se a produção brasileira da soja, do complexo sucroalcooleiro e do café. As produções ainda enfrentam problemas em relação a como lidar com as doenças e pragas que atacam as lavouras. O controle, feito frequentemente por meio de inseticidas sintéticos, nem sempre é eficiente, tende a encarecer os custos de produção e ainda pode deixar resíduos no ambiente e nos alimentos. Dentre outros métodos de controle, a utilização de plantas com atividade inseticida pode ser uma alternativa viável, na forma natural ou sintética.

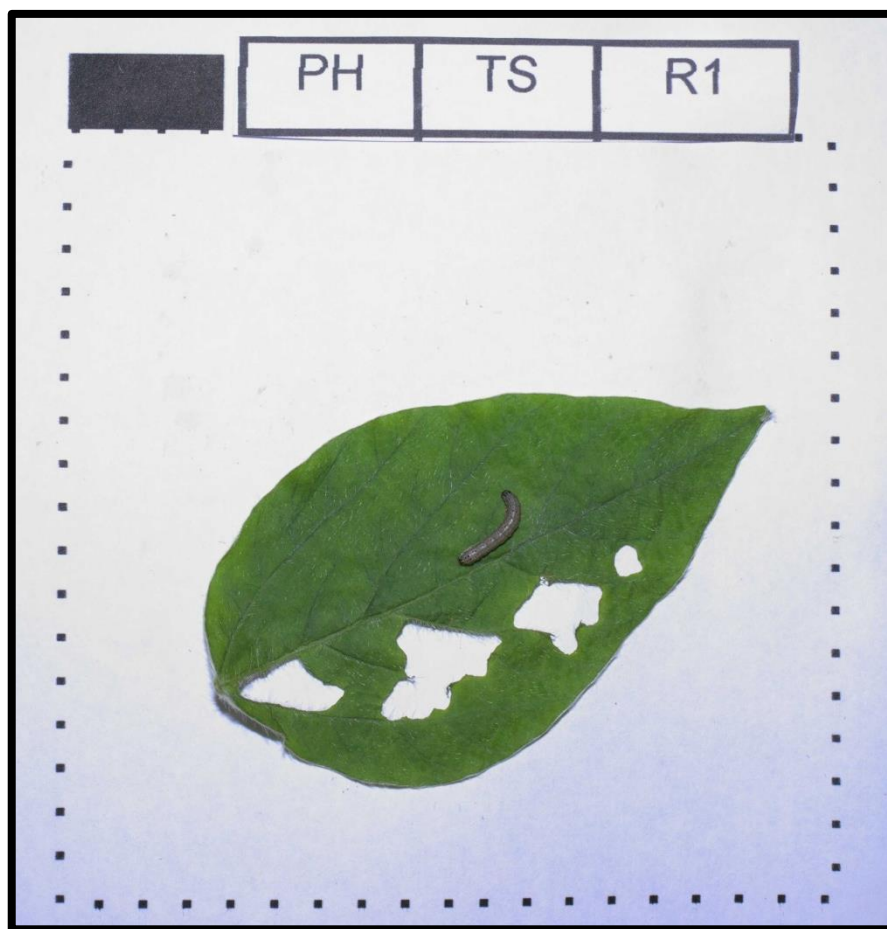


Figura 1: Exemplo de ataque realizado pela *Spodoptera frugiperda* em folha de soja

As doenças são um dos principais fatores que limitam as produções, mas também há situações em que predadores podem acabar influenciando o crescimento e a saúde das plantas. Como é o caso do ataque (Figura 1) causado pela lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith). Seus surtos têm ocasionado perdas significativas em varias culturas, como a da soja, que representa um dos elementos mais fortes da economia brasileira.

Substâncias químicas de defesa são produzidas pelas plantas após herbivoria, denominadas fitoalexinas, que são produtos naturais ausentes na planta sadia, acumulados no local ou nos arredores da infecção. Possuem atividade inibidora sobre bactérias, fungos, nematóides, vírus e efeito tóxico tanto para animais quanto para as próprias plantas. Essas substâncias podem causar a morte das lagartas bem como uma diminuição do consumo das folhas. A folha é o principal órgão no processo transpiratório, responsável pelas trocas gasosas entre a planta e

o ambiente (PEREIRA et al., 1997) e através da medição de sua área podemos quantificar os danos causados por pragas e doenças.

Neste projeto a análise da área da folha antes (Figura 2) e depois (Figura 3) do ataque das lagartas servirá para identificar qual tipo de tratamento induziu a planta a produzir mais toxinas e com isso teve um menor percentual de área consumida. Serão analisadas amostras de plantas que não passaram por nenhum caso de herbivoria, amostras de plantas que sofreram danos mecânicos em folhas e amostras de plantas que já sofreram herbivoria em outras folhas que não são a da amostra. As folhas serão coletadas mantendo um tamanho médio de acordo com o tempo de cultivo das mudas. As lagartas também serão criadas de modo que fiquem com um tamanho médio.

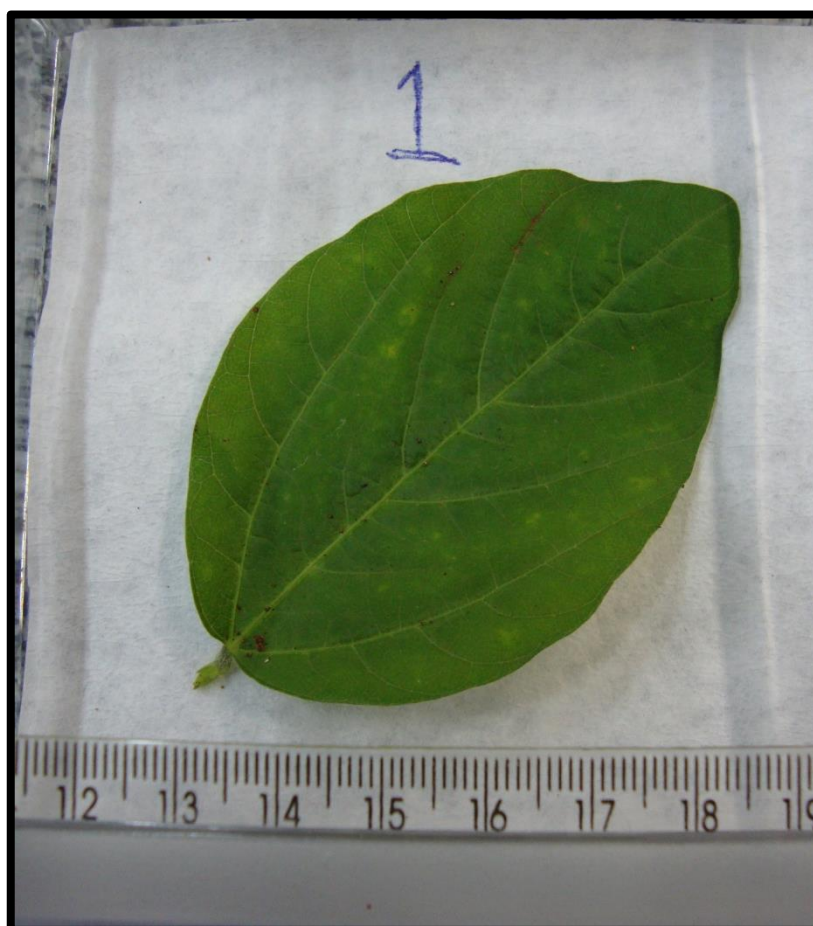


Figura 2: Exemplo de folha de soja antes de sofrer ataque da lagarta-do-caruncho



Figura 3: Exemplo de folha de soja antes de sofrer ataque da lagarta-do-caruncho

Até recentemente a medição da área de folhas através de imagens era realizada de forma pouco precisa, a folha da planta era apoiada em um papel milimetrado e era realizado um contorno com algum marcador, após era necessária a contagem de cada um dos quadrados de milímetros quadrados para obter o tamanho aproximado da área da folha (conhecido como método dos quadrados). Poucos são os trabalhos que revelam a eficiência do método dos quadrados, em virtude da alta demanda de tempo gasto com a utilização do mesmo, além do maior número de pessoas envolvidas no processo, principalmente quando se trata de avaliações em um grande volume de material (R. R. M. LUCENA et al.211).

Com o advento da computação foi possível que pessoas com conhecimento em desenho técnico estimassem o tamanho de cada folha escaneando a mesma e analisando as imagens em softwares de desenho, como, por exemplo, o *Autocad*. Mas desta forma ainda é preciso que o operador abra cada imagem do conjunto,

realizando o mesmo processo de medição manualmente para cada uma delas.

Desta situação surgiu a necessidade de analisar automaticamente o conjunto de imagens e com isso obter as informações pretendidas, no caso, a área foliar. Foram criadas algumas soluções capazes de tal atividade, porém com o custo elevado. O aparelho LI-COR, normalmente utilizado como referência, estima a área pelo princípio de células de grade de área conhecida (LI-COR 3100, 1996).

Os integradores de área foliar são aparelhos precisos, não fabricados no Brasil e por isso, são caros e de difícil manutenção. Além disso, alguns equipamentos têm dimensões que limitam a leitura em folhas grandes (GODOY et al, 2007). Segundo Godoy, a necessidade de um programa computacional (*software*) capaz de processar a imagem e calcular a área desejada é uma das dificuldades deste método de análise de área, uma vez que estes geralmente são de custo elevado, apesar de já haver algumas versões de programas gratuitos. Por isso o objetivo do projeto é criar uma alternativa de baixo custo para essa atividade, que também seja de fácil manuseio para o usuário.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

A criação de uma aplicação de baixo custo que permita a análise de um conjunto de amostras de folhas de soja e que seja de fácil manuseio para o usuário. As imagens capturadas serão separadas por tipo de tratamento inicial da planta antes da coleta das folhas e analisadas por algoritmos de segmentação e aprendizagem supervisionada. Os resultados serão comparados aos das folhas após sofrerem a herbivoria, gerando um relatório que possa ser utilizado para análises estatísticas.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para atingir o objetivo geral definido na seção 2.1, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- Aprofundamento e atualização da revisão de literatura
- Construção de um banco de imagens de folhas de soja
- Criação do software para processamento das imagens e geração de relatórios
- Validação de dados obtidos
- Registro e divulgação de resultados

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1. SEGMENTAÇÃO DE IMAGENS COLORIDAS UTILIZANDO APRENDIZAGEM SUPERVISIONADA APLICADA A AGRICULTURA

A visão computacional pode ser aplicada a agricultura em quase todas suas etapas. Dentre as motivações para esse emprego podemos citar: a redução de custos, como por exemplo, no controle da aplicação de herbicidas, substituição de mão de obra, possibilitando assim a automação de atividades que eram realizadas somente pelos homens e ainda a coleta de dados sobre a plantação, armazenando informações que antes não estavam disponíveis para o agricultor.

Exemplos de dados que podem ser coletados com o auxílio da visão computacional são a incidência de plantas invasoras e o crescimento das plantas, bem como a contagem da quantidade de frutos e/ou avaliação as condições dos mesmos.

Slaughter e Harrell (1989) realizaram a segmentação de imagens de frutas utilizando as cores como critério de homogeneidade. As imagens segmentadas

foram processadas a fim de encontrar as centroides dos elementos e essa informação foi usada para que um braço mecânico pudesse coletar os frutos. Tornando-os assim um dos pioneiros a utilizar a segmentação de imagens coloridas na agricultura. Kataoka Okamoto e Hata (2001) caracterizaram a coloração das maçãs em vários estágios de desenvolvimento para desenvolver um robô para a colheita desses frutos.

Plebe e Grasso (2001) desenvolveram um sistema de identificação e localização de laranjas para um robô de colheita. O sistema funcionava através de dois braços mecânicos que possuíam uma câmera de vídeo acoplada no extremo dos mesmos. Os autores primeiramente trataram os pixels que tem as cores representadas no espaço de cores RGB para um espaço de cores proposto por eles. Desta forma, as laranjas foram destacadas dos demais elementos da cena. Elas foram encontradas quando os pixels foram classificados com auxílio de uma rede neural e posteriormente analisados em busca de curvaturas de bordas para encontrar círculos que contornavam pixels que representavam laranjas. Utilizando assim técnicas de segmentação e de aprendizagem automática para diferenciar as laranjas do meio externo.

Tian e Slaughter (1998) desenvolveram um algoritmo de segmentação para imagens agrícolas, nas quais o resultado é usado para detectar plantas em linhas de plantio ao ar livre, no caso, pés de tomate e plantas invasoras. Para isso foi elaborado um algoritmo de agrupamento parcialmente supervisionado onde um operador julga a qualidade destes grupos. Caso a qualidade seja adequada o algoritmo prossegue. Caso contrário, novos grupamentos devem ser encontrados.

Philipp e Rath (2002) transformaram os pixels representados no espaço de cores RGB de modo a binarizar uma imagem, destacando assim as folhas das plantas. Foram utilizadas imagens de treino, manualmente segmentadas para estimar os valores médios e as matrizes de co-variâncias. Essa classificação gera uma imagem binarizada. Na mesma linha Steward, Tian e Tang (2002) desenvolveram um aplicador de herbicida baseado no espaço de cores HSI, próximo também do sistema proposto por Tian e Slaughter (1998).

Tang, Tian e Steward (2003) utilizaram reconhecimento de padrões para classificar plantas invasoras em duas classes com base no tipo de folha. Dainese et

al (2004) utilizaram imagens de uma câmera embarcada em um aeromodelo para localizar áreas de incidência de plantas invasoras em uma lavoura de milho.

Também foram realizados alguns estudos para a determinação da área foliar, como o de R. R. M. Lucena et al. (2011) no qual a área foliar da aceroleira é medida através de vários métodos e compara os resultados para a verificação de qual é o mais eficaz e menos agressivo ao meio ambiente. No estudo foram coletadas 60 folhas aleatoriamente, sendo 30 novas e 30 velhas de uma aceroleira oriunda de um pomar comercial. Depois de coletadas foram enviadas ao laboratório da UFRSA (Universidade Federal Rural do Semi-Árido).

A análise foi feita através do método dos quadrados, dimensões lineares, integrador de área foliar AM 300, discos foliares e análise de imagem digital (scanner). Os dados obtidos foram submetidos a análise de regressão, os métodos foram comparados com o método de referência (scanner), com base no critério de coeficiente de determinação (R^2). Por fim o método do integrador portátil AM 300 foi o que estimou a área foliar da aceroleira mais aproximada do padrão referencial de precisão, com maior coeficiente de determinação. Todos os métodos utilizados para estimar a área foliar se mostraram satisfatórios, ficando a critério do pesquisador sua utilização conforme o nível de precisão exigida.

Foi realizado um estudo estimativo de área da folha de soja utilizando imagens digitais e dimensões foliares por Marcos Adami, Fabio Alcover Hastenreiter, Danilton, Luiz Flumignan, Rogerio Teixeira de Faria, membros do IAPAR (Instituto Agrônomo do Paraná) e INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). No estudo publicado os mesmos verificam métodos diretos ou indiretos e destrutivos ou não destrutivos para a análise.

Os métodos indiretos são baseados na correlação conhecida entre a variável medida e a área foliar. Coelho Filho et al. (2005) estudaram e indicaram a viabilidade de utilização do diâmetro do caule e ramos da lima ácida "tahiti" para estimativa da área foliar de forma mais rápida, simples e não destrutiva. Os métodos diretos utilizam medidas diretamente nas folhas. Os métodos destrutivos são aqueles que necessitam a retirada da folha e outras estruturas e que muitas vezes não é possível devido a limitação do número de plantas na parcela experimental.

No estudo os pesquisadores comparam os métodos de dimensões foliares e, utilizando aparelho para medição, o método de dimensões foliares (CxL) baseia-se na relação entre a área foliar real e parâmetros dimensionais (largura e comprimento máximos), sendo muito utilizado devido a sua fácil execução e possibilidade de aplicação não destrutiva. Por fim o método de dimensões foliares é menos preciso na estimativa de área foliar para folhas danificadas, já os métodos de imagem digital apresentam boas estimativas de área foliar, tanto para folhas normais quanto para danificadas, apresentando precisão similar ao aparelho integrador de área foliar LI-COR, mas sendo vantajoso devido à seu menor custo e sua portabilidade. Apesar do processamento ser realizado com imagens digitais, o projeto não contou com um software específico para essa análise e geração de relatórios.

4. METODOLOGIA

Para cada um dos objetivos específicos listados na Seção 2.2, serão apresentados a seguir os aspectos metodológicos que nortearão a execução desta proposta.

4.1. APROFUNDAMENTO E ATUALIZAÇÃO DA REVISÃO DE LITERATURA

Através de consultas aos principais portais de periódicos mundiais, como IEEE Xplore, ACM DL, Science Direct e Scopus, serão identificados artigos com trabalhos correlatos nas áreas de análise de imagens por segmentação considerando aplicações no agronegócio, segmentação e aprendizagem automática de imagens coloridas. Estes artigos serão revisados para complementar o texto apresentado neste plano de trabalho.

4.2. CONSTRUÇÃO DE UM BANCO DE IMAGENS DE FOLHAS DE SOJA

Para ajustar os parâmetros do módulo que será desenvolvido e também para testar seu desempenho, conforme será descrito na seção 4.4., um banco de imagens será construído. O banco conterá 300 imagens com cerca de 25 para cada classe do problema. As classes, neste caso, correspondem aos diferentes tipos de tratamentos realizados na soja, sendo eles transgênicos ou comuns. As imagens serão capturadas nos Laboratórios do Centro de Tecnologia para o Agro-negócio (CeTeAgro) da Universidade Católica Dom Bosco-MS utilizando para isso um tripé convencional para câmera, iluminação ambiente da sala utilizando lâmpadas fluorescentes, uma placa de vidro transparente de 30 cm x 30 cm que será colocada em cima da folha para que as possíveis ondulações da mesma não sejam consideradas e uma câmera Sony Alpha DSLR-A350 sem a utilização do flash.



Figura 4: Exemplo de imagem da folha de soja coletada para análise

Com apoio de especialistas, cada imagem será anotada, constituindo assim um conjunto de referência para análise de desempenho. Para facilitar o acesso posterior às imagens pelo usuário, as mesmas serão inseridas no software *RawTherapee*, através do qual as mesmas poderão ser revisadas e corrigidas para o formato .TIFF e compactadas se necessário. O banco será disponibilizado através do website do projeto HERBIVIC. Exemplos de imagens similares às que serão utilizadas neste plano podem ser vistos na Figura 4.

4.3. DESENVOLVIMENTO DO MÓDULO DE ANÁLISE E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DE SOJA

O módulo será desenvolvido em Linguagem JAVA tendo como apoio o pacote para Visão Computacional ImageJ¹ (RASBAND, Wayne) versão 1.46a. Serão seguidas as regras definidas pelo grupo de pesquisa e desenvolvimento INOVISAO disponíveis no site do grupo². A metodologia de desenvolvimento de software do INOVISAO tem como base o SCRUM (SIMS; JOHNSON, 2011) com todo o material produzido sob controle de versões utilizando a ferramenta SubVersion³.

4.4. VALIDAÇÃO DO MÓDULO DE ANÁLISE E PROCESSAMENTO DE IMAGENS DE SOJA

Os algoritmos escolhidos e implementados serão comparados entre si e também em relação ao desempenho humano utilizando o banco de imagens descrito na seção 4.2. Como técnica de amostragem será adotada a validação cruzada de 10 dobras com 10 repetições disponível no software Weka⁴ na versão X.Y (HALL et al., 2009). Para cada algoritmo testado, serão calculados os desempenhos médios

1 O software e a biblioteca do mesmo estão disponíveis em: <http://imagej.nih.gov/ij/index.html>

2 O site do INOVISAO está em www.gpec.ucdb.br/inovisao e as instruções para desenvolvedores pode ser acessada através do link “trac”, neste mesmo site, ou diretamente em trac.gpec.ucdb.br.

3 O software de controle de versões subversion é apresentado em <http://subversion.apache.org/>.

4 O Weka é um software livre e gratuito disponível em <http://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/>.

referentes às métricas de precisão, abrangência, medida-F e taxa de acerto ajustadas para problemas com mais de duas classes quando necessário. Para identificar se os algoritmos testados diferem estatisticamente em relação ao desempenho, considerando-se cada uma das métricas, serão utilizados o teste não-paramétrico proposto por Friedman (1940) e análise de variância (ANOVA), ambos disponíveis no software estatístico R ⁵, versão 2.14.1, com cada bloco correspondendo a uma das classes do problema. Serão reportados os valores-p encontrados para cada métrica e o nível de significância necessário para descartar a hipótese nula. Para todas as métricas será realizado um pós-teste e os diagramas de caixa e valores-p dois a dois resultantes serão analisados. O pós-teste, também disponível no R, tem como base o teste de Wilcoxon com correção para FWER (Family-wise Error Rate) descrito por Hollander e Wolf (1999).

4.5. REGISTRO E DIVULGAÇÃO DE RESULTADOS

Serão produzidos um resumo, um relatório final e no mínimo um artigo científico com resultados finais deste plano. O artigo será submetido para um evento ou revista da área de Visão Computacional aplicada ao agronegócio. Será utilizada a ferramenta Latex ⁶ para produção dos textos visando facilitar a adaptação dos mesmos para as regras utilizadas em periódicos e eventos da área da computação e que geralmente disponibilizam modelos em Latex.

Em resumo, as seguintes atividades serão realizadas:

1. Aprofundamento e atualização da revisão de literatura

- 1.1. Compreensão dos conceitos acerca de segmentação de imagens utilizando aprendizagem supervisionada;
- 1.2. Busca de trabalhos correlatos a respeito de visão computacional aplicada ao agronegócio;

5 O software R está disponível em <http://www.r-project.org/>. Para o teste de Friedman com análise post-hoc é necessário instalar o

6 O editor de textos Latex é livre e gratuito e pode ser obtido em <http://www.latex-project.org/>

- 1.3. Busca de trabalhos correlatos a respeito de segmentação de imagens coloridas aplicada ao cálculo de área foliar ;
- 1.4. Compreensão do funcionamento das ferramentas que serão utilizadas para a análise;
- 2. Construção de um banco de imagens das folhas de soja
 - 2.1. Realização de experimentos de testes para definição procedimento padrão para a captura;
 - 2.2. Realização de experimentos para captura oficial de imagens conforme padrão estabelecido através dos testes.
- 3. Desenvolvimento do módulo de análise e processamento de imagens de soja
 - 3.1. Estudo e adaptação da macro para análise das imagens de experimentos de captura oficiais;
 - 3.2. Utilização da macro para criação do módulo para processamento do banco de imagens.
- 4. Validação do módulo de análise e processamento de imagens de soja
- 5. Registro e divulgação de resultados

5. CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO

O cronograma de execução baseado na metodologia apresentada na seção anterior é apresentado na Tabela 1.

Mês (2014)	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Atividade 1.1	X	X										
Atividade 1.2		X	X	X	X							
Atividade 1.3		X	X	X	X							
Atividade 1.4	X	X										
Atividade 2.1	X											
Atividade 2.2		X										
Atividade 3.1	X	X	X	X								
Atividade 3.2				X	X	X	X	X	X			
Atividade 4									X	X	X	
Atividade 5											X	X

Tabela 1: Cronograma do projeto de pesquisa.

6. RESULTADOS PRELIMINARES

Inicialmente foram realizadas coletas de imagens das folhas antes e depois de cada um dos tratamentos de herbivoria e com o auxílio do ImageJ, que possui também uma interface para manuseio e testes.

Foi criado uma Macro, a qual armazena uma série de procedimentos que executam uma segmentação por cor, por fim conseguindo identificar o tamanho da folha. No início da Macro é estabelecido um parâmetro de conversão de pixels para centímetros com base em um retângulo, utilizado como escala, na folha de calibração.

As imagens serão capturadas por uma câmera fixa em um tripé comum para fotografias, de modo que a câmera fique posicionada o mais próximo possível de um ângulo de 90° com a superfície (Figura 5).

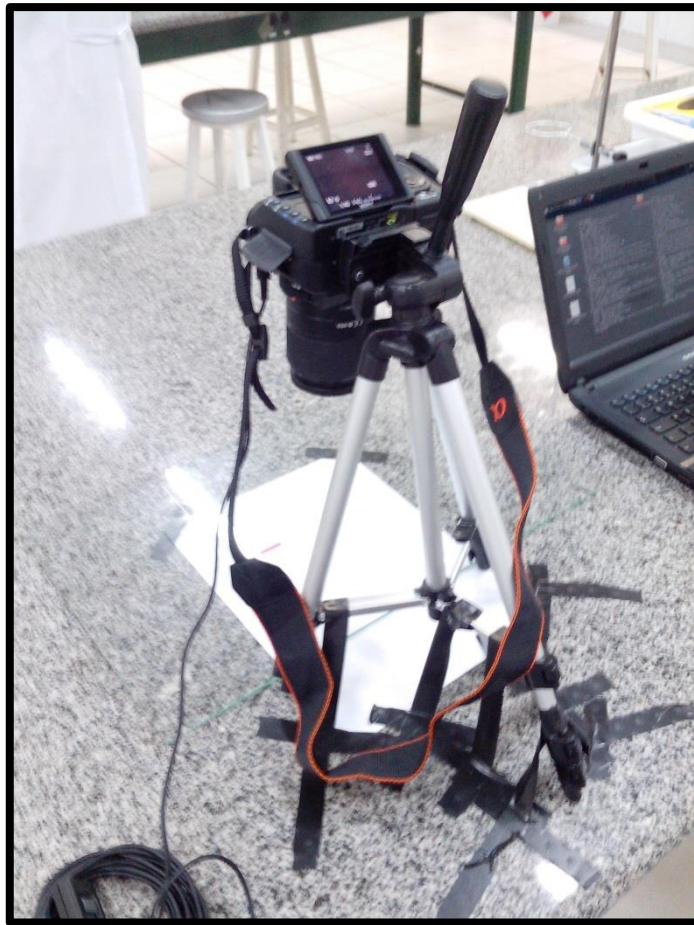


Figura 5: Câmera posicionada e fixada para captura de imagens

No experimento do dia 13/12/2013 ocorreram algumas dificuldades causadas pela iluminação durante a coleta das imagens – ao deixar as folhas por um período de 20 horas sob o ataque das lagartas, ocorreu um processo de desidratação das mesmas (Figura 6), que acabaram ficando mais curvadas e murchas que normalmente, tornando necessária a utilização de uma placa de vidro transparente por cima. Porém ao utilizar essa placa as fotos começaram a ficar com o reflexo do vidro visto que para as imagens iniciais (que foram capturadas sem a placa) as fotos foram capturadas utilizando o flash da câmera.

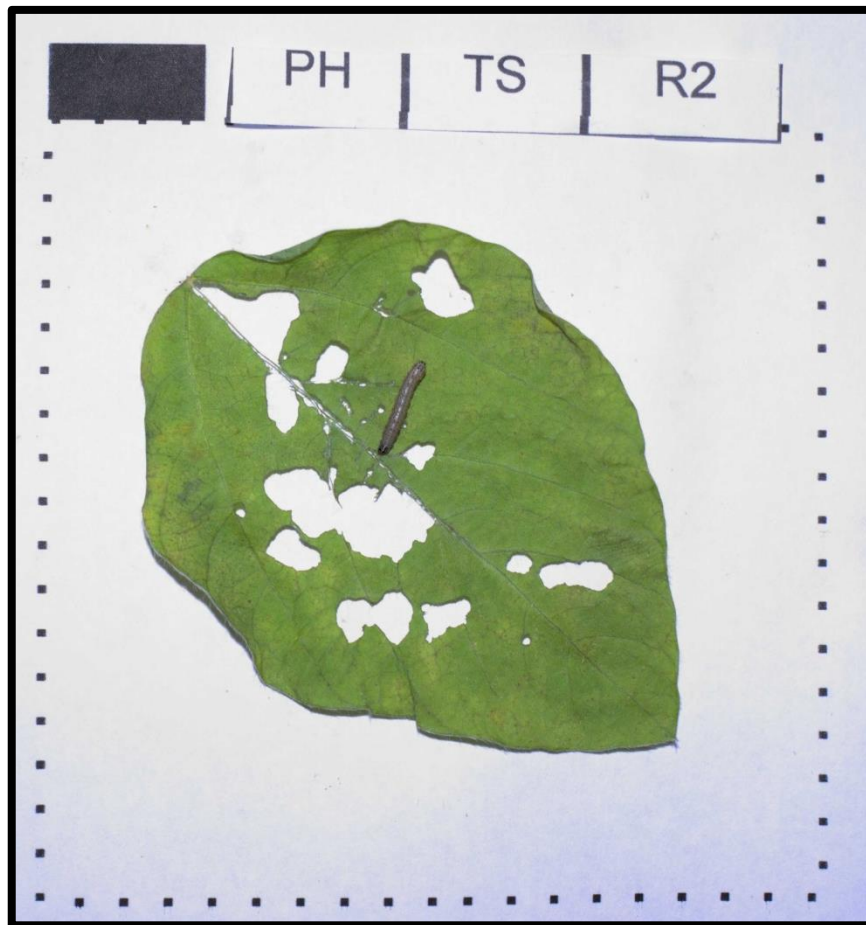


Figura 6: Exemplo de amostra afetada pela desidratação

A alternativa encontrada no momento foi a utilização de iluminadores laterais para as folhas de forma que o reflexo não atrapalhasse a análise posterior da folha e também foram capturadas imagens sem a utilização de flash. Contudo não foi possível realizar uma análise adequada pois os limiares de cor que são criados através da segmentação não puderam ser aplicados nas fotos de antes e depois, pois como a iluminação estava diferente, ocorreu uma mudança na configuração do histograma para a determinação da cor de o que seria folha e o que seria plano de fundo.

Outra dificuldade também foi a folha utilizada como base para a folha de soja, ela possuía um retângulo para a calibração da imagem (na conversão de pixel para cm^2) que era da mesma cor (preto) do que a borda da área aonde a folha de soja seria colocada, dificuldade que foi sanada no próximo experimento, foi utilizado um retângulo vermelho (Figura 7).



Figura 7: Mudança de cor no retângulo de calibração

O próximo experimento foi realizado em 20/12/2013, aonde foram contornadas as dificuldades previamente conhecidas. A captura de imagens foi realizada desde o início com a placa de vidro transparente e sem a utilização do flash da câmera, somente com a iluminação ambiente. Também foi tomada a precaução de manter as folhas mais umedecidas com um algodão molhado enrolado em seu pecíolo o que causou menor índice de desidratação e facilitou a coleta das imagens posteriores. Assim foi possível uma análise mais exata após atualizar os limiares do histograma no ImageJ, verificando qual é a medida da área antes e depois do ataque da lagarta.

Para a calibração foi utilizada um retângulo menor e com cor diferente da legenda, das bordas e da folha de fundo possibilitando assim uma melhor correlação entre pixels e cm^2 .



Figura 8: Bancada preparada para a realização do experimento em 21/02

No dia 21 de fevereiro de 2014 foi realizado outro experimento (Figura 8), desta vez com mais tipos de folhas. Para cada um dos três tipos de tratamento iniciais também foi cultivado uma espécie comum e outra transgênica, e para cada um dos conjuntos foram coletadas 25 imagens. No dia seguinte foram coletadas as imagens das mesmas folhas após a herbivoria, bem como foram realizadas atualizações na macro, sendo uma para a calibração correta com a folha devido a iluminação da sala e a outra para possibilitar que a mesma conseguisse processar todas as imagens de uma pasta.

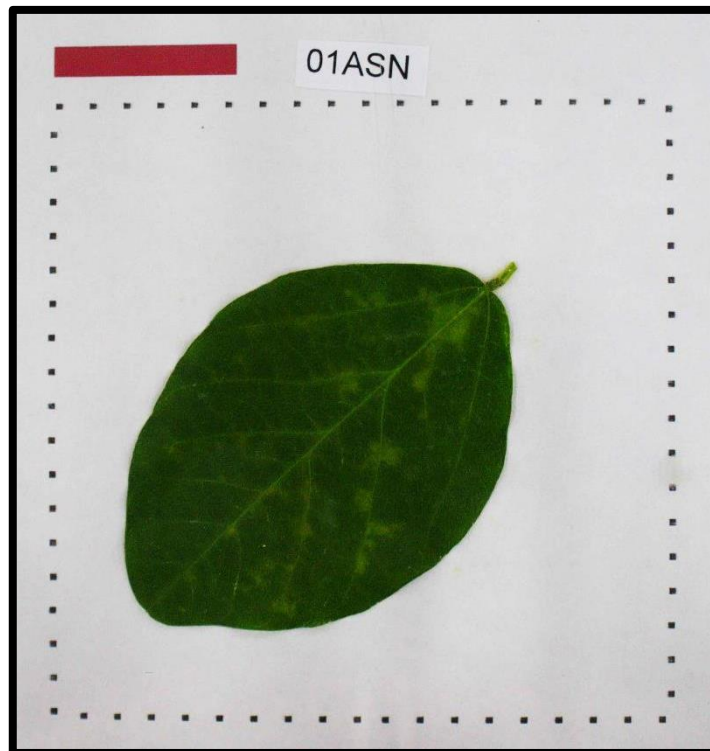


Figura 9: Amostra SN1 antes da herbivoria

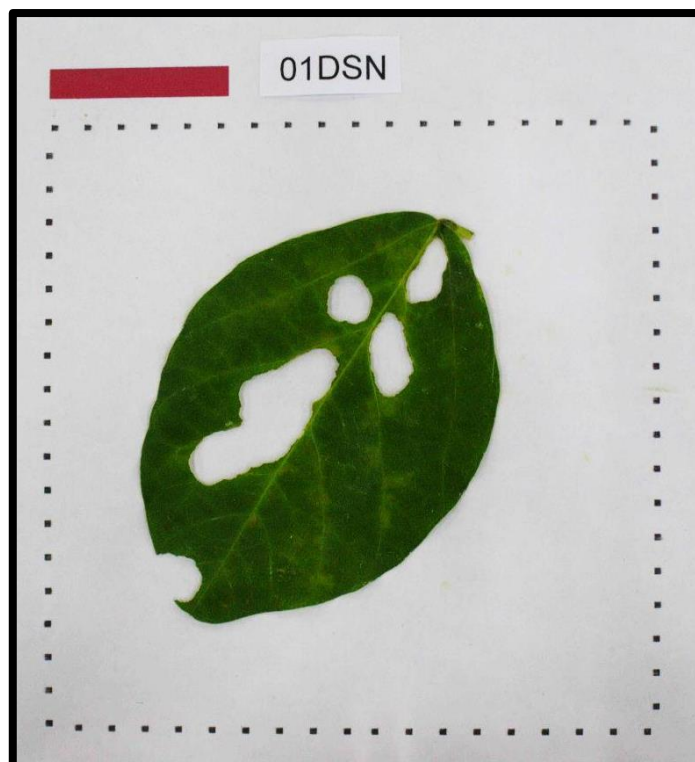


Figura 10: Amostra SN1 posterior à herbivoria

Dessa forma, ao separar os conjuntos de imagens de antes e depois e pelos tipos de amostra (Figuras 9 e 10), foi possível gerar uma tabela para cada pasta contendo a resposta final do processamento, que corresponde a área da folha. Foi realizada uma conversão manual para uma planilha única e adicionadas as fórmulas para comparação percentual entre as áreas e a comparação entre os percentuais, no caso avaliando também se as amostras normais eram superiores as transgênicas em relação a inibição ao ataque.

Spodoptera Convencional			
Amostra	Área antes (cm²)	Área depois (cm²)	Diferença %
01	31.264	26.338	15,76
02	21.414	9.894	53,80
03	26.736	25.374	5,09
04	24.649	22.658	8,08
05	18.837	17.980	4,55
06	19.485	18.084	7,19
07	20.053	14.629	27,05
08	17.840	12.554	29,63
09	22.701	19.150	15,64
10	36.730	32.441	11,68
11	28.163	23.983	14,84
12	27.623	24.704	10,57
13	23.951	20.508	14,38
14	32.958	31.156	5,47
15	21.059	16.925	19,63
16	25.360	23.934	5,62
17	30.673	25.976	15,31
18	21.972	16.190	26,32
19	21.090	16.764	20,51
20	19.614	18.710	4,61
21	31.446	24.716	21,40
22	23.333	22.377	4,10
23	31.989	28.087	12,20
24	22.770	21.420	5,93
25	33.149	24.648	25,64
Diferença % média:			15,40

Tabela 2: Resultados obtidos no experimento de 21/02/2014, para as amostras de plantas não transgênicas previamente atacadas pela Spodoptera

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] BOREGAS, K. G. B.; FERNANDES, G. W.; MENDES, S. M.; FERMINO, T. C.; WAQUIL, J. M. Adaptação de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em diferentes hospedeiros no campo. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 9., 2009, São Lourenço. **Anais...** São Lourenço, 2009. p.1-3.

[2] GOMEZ, S. A. **É tempo de preocupação com as pragas da soja.** [S.l.: s.n., 200-

].Disponívelem:<http://www.agrolink.com.br/ferrugem/artigos_pg_detalhe_noticia.asp?cod=34947>. Acesso em: 25 jan. 2014.

[3] BORTOLI 2012 Herbivoria em Soja: Efeito na Composicao Quimica das Folhas e na Biologia da Lagarta da Soja e do Percevejo Verde Pequeno

[4] CASANOVA, DALCIMAR. Identificação de espécies vegetais por meio da análise de textura foliar. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/55/55134/tde-04032009-101456/pt-br.php>> Acesso em: 06 fev. 2014.

[5] ZUNIGA, A. G. Sistema de visão artificial para identificação do estado nutricional de plantas. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/55/55134/tde-20062012-101012/pt-br.php>> Acesso em: 06 fev. 2014

[6] R. C. GONZALEZ AND R. E. WOODS. DIGITAL IMAGE PROCESSING. ADDISON-WESLEY, 3RD EDITION, 1992.

[7] PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, R. Evapotranspiração. Piracicaba: FEALQ/ ESALQ/USP, 1997. 70 p

[8] GODOY, L. J. G. et al. Análise da imagem digital para estimativa da área foliar em plantas de laranja "Pêra". Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v. 29, n. 3, 2007.

[9] R. R. M. LUCENA et al. Medição de área Foliar de aceroleira (2011)

[10] ADAMI, Marcos et al Estimativa de área foliar de soja usando imagens digitais e dimensões foliares (2007)

[11] SLAUGHTER, D.C; HARRELL, R.C.(1989) Discriminating fruit robotic harvest using color in natural outdoor scenes.

[12] PLEBE, A.; GRASSO,G.(2001) Location of spherical fruits for robotic harvesting.