

PLINIO SAULO SIMÕES

**SELETIVIDADE E EFICÁCIA DO INDAZIFLAM E EFEITO DA PROFUNDIDADE
DO LENÇOL FREÁTICO NA INTERFERÊNCIA DE *Panicum dichotomiflorum* EM
CANA-DE-AÇÚCAR**

Botucatu

2018

PLINIO SAULO SIMÕES

**SELETIVIDADE E EFICÁCIA DO INDAZIFLAM E EFEITO DA PROFUNDIDADE
DO LENÇOL FREÁTICO NA INTERFERÊNCIA DE *Panicum dichotomiflorum* EM
CANA-DE-AÇÚCAR**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da Unesp Câmpus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutor
em Agronomia – Agricultura.

Orientador: Prof. Dr. Caio Antonio Carbonari

Co-Orientadores: Prof. Dr. Edivaldo
Domingues Velini

Prof. Dr. Dennis Calvin
Odero

Botucatu

2018

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

Simões, Plínio Saulo, 1987-
S593s Seletividade e eficácia do indaziflam e efeito da profundidade do lençol freático na interferência de *Panicum dichotomiflorum* em cana-de-açúcar / Plínio Saulo Simões.
- Botucatu: [s.n.], 2018
89 p.: fots. color., ils. color., grafs., tabs.

Tese (Doutorado)- Universidade Estadual Paulista Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2018
Orientador: Caio Antonio Carbonari
Coorientadores: Edivaldo Domingues Velini; Dennis Calvin Otero

Inclui bibliografia

1. Cana-de-açúcar - Seletividade. 2. *Panicum dichotomiflorum*. 3. Águas subterrâneas. 4. Indaziflam. I. Carbonari, Caio Antonio. II. Velini, Edivaldo Domingues. III. Otero, Dennis Calvin. IV. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. V. Título.

Elaborada por Ana Lucia G. Kempinas - CRB-8:7310

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte"

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "SELETIVIDADE E EFICÁCIA DO INDAZIFLAM E EFEITO DA PROFUNDIDADE DO LENÇOL FREÁTICO NA INTERFERÊNCIA DE PLANTAS DANINHAS EM CANA-DE-AÇÚCAR"

AUTOR: PLINIO SAULO SIMÕES

ORIENTADOR: CAIO ANTONIO CARBONARI

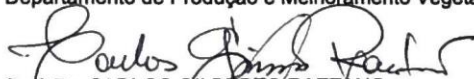
COORIENTADOR: EDIVALDO DOMINGUES VELINI

COORIENTADOR: DENNIS CALVIN ODERO

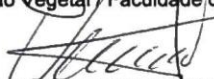
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em AGRONOMIA (AGRICULTURA), pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. CAIO ANTONIO CARBONARI
Departamento de Produção e Melhoramento Vegetal / Faculdade de Ciências Agrônomicas - UNESP



Prof. Dr. CARLOS GILBERTO RAETANO
Depto de Proteção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu - UNESP



Prof. Dr. CARLOS ALEXANDRE COSTA CRUSCIOL
Departamento de Produção e Melhoramento Vegetal / Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu



DR. ROBERTO ESTÊVÃO BRAGION DE TOLEDO
Gerente Produtos Herbicidas / Ourofino Agrociência



Dr. MARCELO ROCHA CORRÊA
./ TECHFIELD ASSESSORIA E CONSULTORIA EM AGRICULTURA LTDA

Botucatu, 05 de abril de 2018.

Aos meus pais Plinio e Margareth, e minha irmã Lisa Helena,

À minha noiva Fernanda.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus e Nossa Senhora Aparecida, os grandes provedores de minha vida e por terem me guiado a chegar até esse momento em minha carreira profissional;

Aos meus pais Plínio José Simões e Margareth Aparecida Frozza Simões que me dedicaram todo amor e carinho, possibilitando e incentivando o meu desenvolvimento profissional. E pelos ensinamentos transmitidos durante toda minha vida;

À minha irmã Lisa Helena Simões por toda dedicação e compreensão em todos esses anos de convivência;

À minha noiva Fernanda Amorim Camargo pela ajuda e motivação durante essa importante fase de minha vida;

Ao Prof. Dr. Caio A. Carbonari, pela confiança, pela orientação, ensinamentos, paciência, amizade e exemplo de professor, além de me proporcionar a oportunidade de crescimento e conquistas profissionais;

Ao Prof. Dr. Edivaldo D. Velini pela colaboração durante toda minha jornada acadêmica e pelos ensinamentos técnicos e pessoais;

Ao Prof. Dr. Dennis Calvin Odero pela oportunidade de intercâmbio durante o doutorado e todo suporte dado para realização dos trabalhos;

Ao departamento de Agricultura da FCA – UNESP e ao programa de Pós-Graduação que abriram as portas, em especial ao Prof. Dr. Carlos A. C. Crusciol que não poupou esforços durante a aplicação para realização do intercâmbio;

Ao Núcleo de Pesquisas Avançadas em Matologia (NUPAM) e todos os alunos em que tive oportunidade de trabalhar durante os últimos anos, em especial os grandes amigos que fiz nestes anos e que levarei para a vida toda, Antonio Carlos, Diego, Edicarlos, Gabrielle, Guilherme (Macabra), Giovanna, José Guilherme, José Roberto, Leandro Bianchi, Luis Marcelo (Chinha), Renan, Ronei, Roque, Vitor Anunciato e Vitor (Sono);

À parceira TECNOCANA por todo o suporte durante a condução do experimento, em especial aos Srs. Paulo Roberto Artioli, Edison Pereira, Alessandro Valezi, Rafael Morbi Valezi, Carlos e demais colaboradores;

À Universidade da Flórida pela oportunidade, em especial ao Everglades Research and Education Center (EREC), e aos grandes amigos que fiz, que foram

essenciais em minha estadia na Flórida, Raphael Negrisoni, Mateus (Carreirinha), Ann Hartman, Gary Hartman, Santosh Sanjel, Bhin Chaulagain, Murali Vuyyuru, Mubashar Nadeem, Francelin Emile, Joaquin, José Fernandez, Warda, Zeke, Gabe e Angelica;

Aos amigos e companheiros de república que tive grandes momentos de descontração e aprendizado Cristiano Pariz, Cleiton, Jorge, Murilo, Luiz, Heitor e Jordão;

À Cordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro, concedido por meio de bolsa de doutorado;

Enfim, a todos que estiveram presentes me ajudando a construir essa grande conquista.

Muito obrigado!

RESUMO

O objetivo geral foi avaliar a eficácia de controle e seletividade do herbicida indaziflam, o potencial de controle em solos orgânicos com alta infestação de *Panicum dichotomiflorum* e o efeito da competição da espécie de planta daninha *P. dichotomiflorum* com a cultura da cana-de-açúcar em diferentes profundidades de lençol freático (PLF). O trabalho foi redigido em três capítulos. Para realização do experimento do capítulo 1, realizado no Brasil, foram utilizados os tratamentos testemunha; testemunha capinada; indaziflam nas dosagens 75; 150 e 300 g i.a ha⁻¹; e as combinações: indaziflam + metribuzim; tebuthiuron + ametrina; amicarbazone + clomazone; tebuthiuron + isoxaflutole. Avaliou-se, fitotoxicidade, controle de plantas daninhas, características biométricas, produtivas e tecnológicas da cana-de-açúcar. No capítulo 2, realizado nos Estados Unidos da América, os tratamentos foram indaziflam nas dosagens de 0; 84,8; 170,04; 254,92 e 340,09 g i.a ha⁻¹. No controle do *P. dichotomiflorum* sendo avaliado aos 44, 67 e 87 dias após a aplicação (DAA) e número de plantas por parcela aos 67 DAA. Aos 67 e 87 DAA foram realizadas imagens aéreas para estimativa de porcentagem de cobertura (nível de infestação) do *P. dichotomiflorum* com o uso de drone e trabalhadas em dois softwares (DroneDeploy e ImageJ). No capítulo 3, também realizado nos Estados Unidos da América, os tratamentos consistiram na cultura da cana-de-açúcar com ausência e presença do *P. dichotomiflorum* em competição, em três diferentes PLF, sendo elas: 0, 16, 40 cm, em duas texturas de solo. Avaliou-se máxima eficiência quântica do FSII (FV/FM), índice SPAD, altura de plantas, e índice de área foliar (IAF) aos 7, 23, 37, 48 e 67 dias após o início dos tratamentos (DAT). Aos 67 DAT foram avaliados os teores de clorofila *a*, *b* e carotenoides, número de perfilhos, e massa de matéria seca de colmos e folhas da cana-de-açúcar e de *P. dichotomiflorum*. No capítulo 1, o herbicida indaziflam foi eficaz no controle de plantas daninhas nos três anos de avaliação e não foi observada nenhuma injúria ou diferença entre os parâmetros produtivos em todos os tratamentos utilizados. No capítulo 2, o indaziflam foi eficaz no controle de *P. dichotomiflorum* até os 67 DAA com a maior dosagem utilizada. E o método de avaliação de cobertura vegetal, a partir de imagens aéreas, apresentou boa correlação com os resultados de controle e número de planta, e o software ImageJ pode ser utilizado como alternativa ao DroneDeploy para a análise de imagens aéreas e estimativa de nível de infestação. No capítulo 3, a competição afetou de maneira acentuada o desenvolvimento inicial

da cana-de-açúcar e o melhor desenvolvimento da cultura foi observado a 16 cm de PLF.

Palavras-chave: Alquilazina. Alion. Tolerância. Inibidor da parede celular. Imagens aéreas. Drones.

ABSTRACT

The general objective was to evaluate the efficacy of control and selectivity of the indaziflam herbicide, the control potential in organic soils with high infestation of *Panicum dichotomiflorum* and the competition effect of the weed species *P. dichotomiflorum* with the sugarcane crop in different water table depths (PLF). The work was written in three chapters. For the accomplishment of the experiment of chapter 1, carried in Brazil, the treatments were used; control, manual control; indaziflam at rates 75; 150 and 300 g i.a ha⁻¹; and mixtures: indaziflam + metribuzim; tebuthiuron + ametrine; amicarbazone + clomazone; tebuthiuron + isoxaflutole. It was evaluated, phytotoxicity, weed control, biometric, productive and technological characteristics of sugarcane. In Chapter 2, conducted in the United States of America, the treatments were indaziflam at the rates of 0; 84.8; 170.04; 254.92 and 340.09 g i.a ha⁻¹. In the control of *P. dichotomiflorum* c after application (DAA) and number of plants per plot at 67 DAA. Aerial images were used to estimate percentage of coverage (level of infestation) of *P. dichotomiflorum* using drone and worked on two softwares (DroneDeploy and ImageJ). In Chapter 3, also carried out in the United States, the treatments consisted of sugarcane cultivation with absence and presence of *P. dichotomiflorum* in competition, in three different PLF, being: 0, 16, 40 cm, in two soil textures. The maximum quantum efficiency of FSII (FV / FM), SPAD index, plant height, and leaf area index (LAI) at 7, 23, 37, 48 and 67 days after the beginning of treatments were evaluated. At 67 DAT, the levels of chlorophyll a, b and carotenoids, number of tillers, and dry matter mass of sugarcane and leaf blades and *P. dichotomiflorum* were evaluated. In chapter 1, the indaziflam herbicide was effective in weed control in the three years of evaluation and no injury or difference between productive parameters was observed in all the treatments used. In chapter 2, indaziflam was effective in controlling *P. dichotomiflorum* up to 67 DAA with the highest dosage used. And the method of evaluating plant cover from aerial images showed a good correlation with the results of control and plant number, and the ImageJ software can be used as an alternative to DroneDeploy for aerial image analysis and estimation of level infestation. In Chapter 3, competition strongly affected the initial development of sugarcane and the best development of the crop was observed at 16 cm of PLF.

Keywords: Alklazine. Alion. Tolerance. Cell wall inhibitor. Aerial images. Drones.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.* Demarcação e georreferenciamento das parcelas experimentais realizadas com GPS Trimble Recon de alta precisão. (Borebi, 2015).27
- Figura 2.* Dados pluviométricos de precipitação e precipitação acumulada (mm), durante os três anos de condução do experimento (Borebi, 2018).29
- Figura 3.* Equipamento utilizado para aplicação dos tratamentos e momento da aplicação dos tratamentos. (Borebi, 2018).30
- Figura 4.* Fitotoxicidade visual para cana-de-açúcar, aos 15 DAA dos tratamentos, no segundo e terceiro ano. Dados transformados (raiz quadrada) e letras se diferem pelo teste de média (t-LSD 5%) dentro de cada época avaliada (Borebi, 2016 e 2017).32
- Figura 5.* Controle de *Urochloa decumbens* no primeiro ano aos 70, 120 e 170 DAA (A), segundo ano aos 35 e 80 DAA (B) e terceiro ano aos 50, 80 e 133 DAA (C) dos tratamentos avaliados. As letras se diferem pelo teste de média (t-LSD 5%) dentro de cada época avaliada (Borebi, 2015, 2016 e 2017).34
- Figura 6.* Controle de *Digitaria nuda* no primeiro ano aos 70, 120 e 170 DAA (A), segundo ano aos 35 e 80 DAA (B) e terceiro ano aos 50, 80 e 133 DAA (C) dos tratamentos avaliados. As letras se diferem pelo teste de média (t-LSD 5%) dentro de cada época avaliada (Borebi, 2015, 2016 e 2017).36
- Figura 7.* Drone utilizado para obtenção das imagens aéreas (Belle Glade, 2017)...46
- Figura 8.* Imagem gerada automaticamente pelo software DroneDeploy (Belle Glade, 2017).46
- Figura 9.* Etapas de processamento das imagens no software ImageJ (Belle Glade, 2017).48
- Figura 10.* Dados gerados respectivos a cada unidade experimental no software ImageJ (Belle Glade, 2017).48
- Figura 11.* Curvas de dose-resposta para controle de *P. dichotomiflorum* aos 44, 67 e 87 dias após aplicação de indaziflam em pré-emergência (Belle Glade, 2017).51
- Figura 12.* Condições climáticas durante a condução do experimento. (Belle Glade, 2017).51
- Figura 13.* Porcentagem de plantas de *P. dichotomiflorum*, por parcela, em relação a testemunha (A) e correlação entre porcentagem de controle e porcentagem de número de plantas (B) aos 67 DAA (Belle Glade, 2017).52
- Figura 14.* Porcentagem de cobertura vegetal obtidas a partir de imagens aéreas trabalhadas nos programas ImageJ e DroneDeploy aos 67 e 87 DAA em relação as doses de indaziflam (Belle Glade, 2017).54
- Figura 15.* Correlação dos dados de softwares ImageJ x DroneDeploy aos 67 e 87 DAA (A e B) e porcentagem de número de plantas x softwares aos 67 DAA (C e D) (Belle Glade, 2017).55
- Figura 16.* Correlação dos dados obtidos nos diferentes softwares DroneDeploy (C e D) e ImageJ (A e B) e % de controle de *P. dichotomiflorum* aos 67 e 87 DAA (Belle Glade, 2017).56
- Figura 17.* Imagens aéreas e as respectivas dosagens de indaziflam utilizadas aos 67DAA (Belle Glade, 2017).57

Figura 18. Imagens aéreas e as respectivas dosagens de indaziflam utilizadas aos 87DAA (Belle Glade, 2017).....	58
Figura 19. Esquema de lisímetros utilizado para as diferentes profundidades de lençol freático (PLF) 0, 16 e 40 cm (Belle Glade, 2017).....	68
Figura 20. Fluorescência máxima do fotossistema II (FV/FM) aos 7, 23, 37, 48 e 67 DAT, para solo mineral (A) e solo orgânico (B). As barras de erro expressam a DMS dos tratamentos pelo teste de t-LSD 5% dentro de cada dia de avaliação. (Belle Glade, 2017).	71
Figura 21. Valores de radiação solar (W/m ²) e temperaturas máximas e mínimas (°C) realizadas entre as 10 e 14 horas nos diferentes dias de avaliação. (Belle Glade, 2017).	71
Figura 22. Índice SPAD aos 7, 23, 37, 48 e 67 DAT, para solo mineral (A) e solo orgânico (B). As barras de erro expressam a DMS dos tratamentos pelo teste de t-LSD 5% dentro de cada dia de avaliação. (Belle Glade, 2017).	72
Figura 23. Altura de plantas (cm) de cana-de-açúcar aos 7, 23, 37, 48 e 67 DAT, para solo mineral (A) e solo orgânico (B). As barras de erro expressam a DMS dos tratamentos pelo teste de t-LSD 5% dentro de cada dia de avaliação (Belle Glade, 2017).	73
Figura 24. Área foliar (cm ²) da cana-de-açúcar aos 7, 23, 37, 48 e 67 DAT, para solo mineral (A) e solo orgânico (B). As barras de erro expressam a DMS dos tratamentos pelo teste t-LSD 5% dentro de cada dia de avaliação (Belle Glade, 2017).	74
Figura 25. Determinação de clorofila <i>a</i> , <i>b</i> e carotenoides em cana-de-açúcar. Letras maiúsculas diferem-se entre profundidade de lençol freático (PFL) dentro de cada nível de competição e letras minúsculas entre sem e com <i>P. dichotomiflorum</i> dentro da mesma PLF ao teste de t-LSD a 5%. Solo mineral Figuras A e C; solo orgânico Figuras B e D. (Belle Glade, 2017).	75
Figura 26. Massa de matéria seca de parte aérea de folhas e colmos de cana-de-açúcar Letras maiúsculas diferem-se entre profundidade de lençol freático (PFL) dentro de cada nível de competição e letras minúsculas entre sem e com <i>P. dichotomiflorum</i> dentro da mesma PLF ao teste de t-LSD a 5%. Solo mineral Figura A e solo orgânico Figura B. (Belle Glade, 2017).	76
Figura 27. Número de perfilhos de cana-de-açúcar. Letras maiúsculas diferem-se entre profundidade de lençol freático (PFL) dentro de cada nível de competição e letras minúsculas entre sem e com <i>P. dichotomiflorum</i> dentro da mesma PLF ao teste de t-LSD a 5%. Solo mineral figura A e solo orgânico Figura B (Belle Glade, 2017).	77
Figura 28. Massa de matéria seca de parte aérea de <i>P. dichotomiflorum</i> aos 67 DAT. Letras diferentes se diferem pelo teste t (LSD) a 5%.....	79
Figura 29. Oxidação da matéria orgânica do Histosolo orgânico em relação a sua altura de superfície original. Centro de pesquisa e educação (EREC) Universidade da Florida (Belle Glade/ FL).	87
Figura 30. Exemplo de perfil de solo e lençol freático na região dos Everglades/FL (Belle Glade/ FL).	87

LISTA DE TABELAS

<i>Tabela 1.</i> Características químicas e físicas nas profundidades de 0 a 0,2m e 0,2 a 0,4 m. (Borebi, 2015).....	27
<i>Tabela 2.</i> Altura (m), diâmetro (cm), número de colmos por metro, e tonelada de cana-de-açúcar por hectare (TCH) aos 315 DAA, no primeiro ano de condução do experimento. (Borebi, 2015).	37
<i>Tabela 3.</i> Resultados das avaliações tecnológicas (Borebi, 2015).	37
<i>Tabela 4.</i> Parâmetros estatísticos do modelo Log-logístico. (Belle Glade, 2017).	50
<i>Tabela 5.</i> Análise de variância dos dados e teste de médias dos dados Capítulo (Borebi, 2018).....	87
<i>Tabela 6.</i> Parâmetros estatísticos para as diferentes variáveis em solo mineral. Capítulo 3 (Belle Glade, 2017).	88
<i>Tabela 7.</i> Parâmetros estatísticos para as diferentes variáveis em solo mineral. Capítulo 3 (Belle Glade, 2017).	88
<i>Tabela 8.</i> Parâmetros estatísticos para as diferentes variáveis em solo orgânico. Capítulo 3 (Belle Glade,2017).	89
<i>Tabela 9.</i> Parâmetros estatísticos para as diferentes variáveis em solo orgânico. Capítulo 3 (Belle Glade,2017).	90

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	19
CAPÍTULO 1- SELETIVIDADE E EFICÁCIA DO HERBICIDA INDAZIFLAM NA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR	22
Resumo	22
Abstract	23
1.1 Introdução.....	24
1.2 Material e Métodos	26
1.2.1 Características da área experimental.....	26
1.2.2 Aplicação dos tratamentos	28
1.2.3 Avaliações realizadas.....	30
1.3 Resultados e Discussão	31
1.3.1 Fitotoxicidade.....	31
1.3.2 Controle de plantas daninhas.....	32
1.3.3 Parâmetros biométricos produtivos	36
1.3.4 Características tecnológicas.....	37
1.4 Conclusão	38
Referências	38
CAPÍTULO 2- AVALIAÇÃO DA EFICÁCIA DO INDAZIFLAM NO CONTROLE DE <i>Panicum dichotomiflorum</i> ATRAVÉS DE IMAGENS AÉREAS	41
Resumo	41
Abstract	42
2.1 Introdução.....	43
2.2 Material e Métodos	45
2.2.1 Local e características da área experimental	45
2.2.2 Tratamentos	45
2.2.3 Características Avaliadas	45
2.2.4 Métodos de análise das imagens	47
2.2.5 Análise estatística dos dados	49
2.3 Resultados e Discussão	49
2.3.1 Curva dose-resposta	49
2.3.2 Índice de porcentagem de cobertura.....	52
2.3.3 Correlações dos dados.....	54
2.4 Conclusão	59
Referências	59
CAPÍTULO 3- EFEITO DAS PROFUNDIDADES DE LENÇOL FREÁTICO E DA COMPETIÇÃO DE <i>Panicum dichotomiflorum</i> NO DESENVOLVIMENTO INICIAL DA CANA-DE-AÇÚCAR	63
Resumo	63
Abstract	64
3.1 Introdução.....	65

3.2	Material e Métodos.....	67
3.2.1	Local e condições experimentais	67
3.2.3	Características avaliadas	68
3.3	Resultados e Discussão	69
3.3.1	Máxima eficiência quântica do FSII (FV/FM))	69
3.3.2	Índice SPAD	71
3.3.3	Altura de plantas	72
3.3.4	Área foliar	73
3.3.5	Determinação de clorofila a, b e carotenoides	74
3.3.6	Massa de matéria seca de parte aérea da cana-de-açúcar	75
3.3.7	Número de perfilhos.....	77
3.3.8	Massa de matéria seca da parte aérea de <i>P. dichotomiflorum</i>	78
3.4	Conclusão	79
	Referências.....	79
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	83
	REFERÊNCIAS	85
	ANEXOS	87

INTRODUÇÃO GERAL

Dentre os fatores que interferem nas culturas agrícolas de importância econômica está a competição com as plantas daninhas, que tem um impacto considerável no custo de produção, quando seu controle não é realizado de modo efetivo (Pitelli, 1985; Pitelli, 1987). Nos sistemas de produção comerciais de cana-de-açúcar o controle de plantas daninha é de suma importância para obtenção de altas produtividades e viabilidade da cultura.

O principal método de controle utilizado é o químico devido ao elevado rendimento, eficiência nas extensas áreas cultivadas e baixo custo se comparado a outros métodos de controle (Hernandez *et al.*, 2001; Galon *et al.*, 2009). Em virtude dos aspectos positivos do controle químico de plantas daninhas na cana-de-açúcar nas extensas áreas de cultivo, o manejo químico vem se destacando.

O sucesso do controle de plantas daninhas é obtido a partir de sua máxima eficácia, com alta seletividade para a cultura e sem impactos ambientais. Os herbicidas disponíveis para a cultura da cana-de-açúcar apresentam variações específicas de eficácia de controle em função do grau de seletividade para a cultura, dosagem, época de aplicação, estágio fenológico, condições fisiológicas e bioquímicas da cultura e das características das plantas daninhas (Velini *et al.*, 1993; Velini *et al.*, 2000; Pinto De Carvalho *et al.*, 2012).

A cana-de-açúcar pode responder diferentemente a cada herbicida, em determinada dosagem e em cada estágio de seu desenvolvimento, ou mesmo tolerar a competição com eventuais plantas daninhas presentes na área. É bem conhecido em outras culturas, como cereais que, em diferentes estágios fenológicos, as plantas são mais sensíveis à aplicação de herbicidas em determinadas dosagens. Porém, na cultura da cana-de-açúcar, as informações relativas à tolerância a herbicidas não são encontradas de forma clara e conclusiva para algumas moléculas (Corrêa, 2006), principalmente herbicidas novos, como é o caso do indaziflam.

O indaziflam é o ingrediente ativo encontrado nos produtos comerciais Alion 500, e Alion Pro, pertencente ao grupo químico da alquilazina, que atua como um inibidor de biossíntese de celulose para controlar plantas monocotiledôneas e eudicotiledôneas em pré-emergência (Tompkins, 2010). O indaziflam foi registrado recentemente e disponibilizado para o mercado brasileiro no ano de 2016, com

registro para as culturas de banana, caju, citros, café, cana-de-açúcar, côco, dendê, eucalipto, goiaba, maçã, manga, pinus e uva (Agrofit, 2017).

Na região sul do estado da Flórida, uma das plantas daninhas de maior importância, devido ao sistema de cana queimada adotado na região, é a gramínea do gênero *Panicum* (*Panicum dichotomiflorum* Michx.), da família Poaceae e nativo do leste dos Estados Unidos e das Índias Ocidentais (Bryson e Defelice, 2009). Quando em competição com a cana-de-açúcar, pode resultar em redução de rendimento de até 60% no teor de sacarose (Odero e Shaner, 2014; Odero *et al.*, 2016). Tendo o manejo em pré-emergência grandes vantagens no controle e seletividade da cultura da cana-de-açúcar, para evitar a competição e diminuir a necessidade de controle em pós-emergência da cultura e assegurando a seletividade, principalmente de espécies monocotiledôneas, faz-se o uso do indaziflam um herbicida com potencial de utilização neste manejo.

Os programas de manejo do *Panicum* nas áreas de cana-de-açúcar da Flórida, independentemente do tipo de solo, geralmente são realizados com múltiplas aplicações de herbicidas combinados com controle mecânico (Odero e Shaner, 2014), diferentemente dos manejos utilizados no Brasil, em que se deseja apenas uma aplicação por ciclo.

A região dos Everglades Agriculture Areas (EAA), devido ao clima local e seu relevo plano, sofre com inundações durante certas épocas do ano com alta precipitação. Dessa forma, áreas de cultivo tendem a ter a variação de três diferentes profundidades de lençol freático (PLF), que são determinadas em 0 (inundado), 16, e 40 cm de profundidade em relação a superfície do solo (Jennewein, 2013).

Atualmente, o uso de Vant's (Veículos Aéreos Não Tripulados) ou Drones, vem ganhando espaço na agricultura para diversas aplicações, e entre elas está também avaliação do controle de plantas daninhas, que pode ser realizado com a estimativa da cobertura vegetal do solo. Os drones são uma ferramenta de alta acurácia na interpretação de dados relativos à sanidade da cultura e do seu potencial produtivo, pois, a partir de seus métodos de análises das imagens, gera-se grande volume de informações pertinentes à cultura de interesse, sem que seja necessária uma amostragem destrutiva.

Os objetivos deste trabalho foram: no capítulo 1, avaliar a seletividade e controle do herbicida indaziflam em solo arenoso em época seca; no capítulo 2, objetivou-se avaliar o controle de *P. dichotomiflorum* em solo orgânico e correlacionar

controle com imagens geradas a partir de drone, em dois diferentes softwares. O capítulo 3, teve como objetivo a avaliação das relações entre profundidades de lençol freático e competição com *P. dichotomiflorum* no desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar.

CAPÍTULO 1- SELETIVIDADE E EFICÁCIA DO HERBICIDA INDAZIFLAM NA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR

Resumo

O uso de herbicidas é a principal ferramenta no controle de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar. Desta forma, faz-se necessário o estudo de novas moléculas sempre que inseridas no mercado para se entender sua dinâmica de controle e seletividade nos sistemas de cultivo. Sendo assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o controle e a seletividade do herbicida indaziflam aplicado em sucessivos anos em solo arenoso e época seca. O experimento foi conduzido em área comercial de cana-de-açúcar e as parcelas demarcadas com uso de GPS geodésico para as aplicações também nos anos posteriores. Os tratamentos utilizados foram testemunha sem aplicação; testemunha capinada; indaziflam 75 g i.a ha⁻¹; indaziflam 150 g i.a ha⁻¹; indaziflam 300 g i.a ha⁻¹; indaziflam 75 + metribuzim 960 g i.a ha⁻¹; tebuthiuron 1000 + ametrina 1500 g i.a ha⁻¹; amicarbazone 700 + clomazone 1250 g i.a ha⁻¹; tebuthiuron 900 + isoxaflutole 97,5 g i.a ha⁻¹ com quatro repetições em blocos casualizados. Avaliou-se, fitotoxicidade, controle das plantas daninhas *Urochloa decumbens* e *Digitaria nuda*, além de características biométricas, produtivas e tecnológicas da cana-de-açúcar. O herbicida indaziflam promoveu controle satisfatório nos dois primeiros anos, nas épocas avaliadas, em todas as dosagens aplicadas. No entanto, no terceiro ano, para *U. decumbens* o controle aos 133 DAA foi superior a 80% somente com aplicação de 300 g i.a ha⁻¹ de indaziflam e na combinação indaziflam + metribuzin. Não houve diferença entre os tratamentos para os parâmetros produtivos, biométricos e tecnológicos no primeiro ano de avaliação.

Palavras chave: alquilazina, época seca, solo arenoso, Alion.

CHAPTER 1 - SELECTIVITY AND EFFICACY OF HERBICIDES INDAZIFLAM IN SUGARCANE

Abstract

The use of herbicides is the main tool in the control of weeds in the sugarcane crop. Thus, it is necessary to study new molecules whenever inserted in the market to understand their dynamics of control and selectivity in cropping systems. Therefore, the present work had as objective to evaluate the control and the selectivity of indaziflam herbicide applied in successive years in sandy soil and dry season. The experiment was conducted in commercial area of sugarcane and the parcels demarcated with use of geodetic GPS for the applications also in the later years. The treatments used were control without application; weeded witness; indaziflam 75 g i.a ha⁻¹; indaziflam 150 g i.a ha⁻¹; indaziflam 300 g i.a ha⁻¹; indaziflam 75 + metribuzim 960 g i.a ha⁻¹; tebuthiuron 1000 + ametrine 1500 g i.a ha⁻¹; amicarbazone 700 + clomazone 1250 g i.a ha⁻¹; tebuthiuron 900 + isoxaflutole 97.5 g i.a ha⁻¹ with four randomized block replicates. It was evaluated, phytotoxicity, general control of weeds, specific control of *Urochloa decumbens* and *Digitaria nuda*, as well as biometric, productive and technological characteristics of sugarcane. The indaziflam herbicide promoted satisfactory control in the first two years, in the evaluated periods, in all applied dosages. However, in the third year, for *U. decumbens* the control at 133 DAA was greater than 80% only with application of 300 g i.a ha⁻¹ of indaziflam and in the indaziflam + metribuzin mixture. There was no difference between the treatments for the productive, biometric and technological parameters in the first year of evaluation.

Key-words: alkylazine, dry season, sandy soil, Alion.

1.1 Introdução

A cana-de-açúcar é uma das principais culturas para o Brasil, com alta importância econômica e social para o país. Atualmente a produção brasileira responde por um terço da produção mundial (Fao, 2015). A área de produção é estimada em 9 milhões de hectares, com produção de cerca de 648 milhões de toneladas na safra agrícola 2017/2018, sendo o estado de São Paulo o maior produtor, com 52% da produção e uma produtividade média de 77 toneladas ha⁻¹. Do total produzido no país, foram gerados 38 milhões de toneladas de açúcar e 26 milhões de litros de etanol (Conab, 2017).

A interferência de plantas daninhas vem sendo descrita por vários autores como um fator que tende a prejudicar o desenvolvimento e produção das culturas agrícolas (Pitelli, 1985; Pitelli, 1987). Especificamente na cultura da cana-de-açúcar, a interferência pode afetar em até 80% o potencial de expressão produtivo da cultura e os principais fatores que integram a interferência de plantas daninhas são a competição com a planta cultivada pelos recursos do meio como água, luz e nutrientes. Esta competição pode ser atribuída a vários fatores ligados a cultura (densidade, espaçamento e variedade) e a composição específica e agressividade das plantas daninhas que são diretamente ligadas à sua densidade e distribuição em convívio com a cultura (Kuva *et al.*, 2001). Uma vez estabelecida essa competição, o produto final será alterado tanto em sua qualidade quanto em quantidade, com consequente aumento no custo de produção e redução da vida útil do canavial (Velini *et al.*, 2000).

No mundo, estima-se que mais de 1000 espécies de plantas daninhas habitam o agroecossistema da cana-de-açúcar. No entanto, com avanço da colheita mecanizada de “cana- crua”, tem se selecionado algumas espécies específicas em cada região e sistema de produção (Correia e Durigan, 2004; Durigan *et al.*, 2004; Silva Jr *et al.*, 2016).

O principal método de controle de plantas daninhas utilizado é o químico devido ao elevado rendimento, eficiência nas extensas áreas cultivadas e baixo custo se comparado a outros métodos (Hernandez *et al.*, 2001; Galon *et al.*, 2009). Em virtude dos aspectos positivos do controle químico de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar nas extensas áreas de cultivo, vem crescendo rapidamente o manejo

químico tecnológico, sendo a segunda maior cultura em intensidade de uso de herbicidas no Brasil (Procópio, 2003; Rossi, 2004).

O sucesso do controle de plantas daninhas é obtido a partir da máxima eficácia de controle, com alta seletividade para a cultura economicamente viável e com o mínimo impacto ao ambiente. Os herbicidas que se encontram disponíveis para a cultura da cana-de-açúcar apresentam variações específicas de eficácia de controle, em função do grau de seletividade para a cultura, dosagem, época de aplicação, estágio fenológico, condições fisiológicas e bioquímicas da cultura, além das características das plantas daninhas (Velini *et al.*, 1993; Velini *et al.*, 2000; Pinto De Carvalho *et al.*, 2012).

O indaziflam é o ingrediente ativo encontrado nos produtos comerciais Alion 500 e Esplanade, pertencente ao grupo químico da alquilazina, que atua como um inibidor de biossíntese de celulose, é utilizado para controle de monocotiledôneas e eudicotiledôneas em pré-emergência. As características físico-químicas são a baixa solubilidade em água ($0,0028 \text{ kg m}^{-3}$ a $20 \text{ }^\circ\text{C}$), o $K_{oc} < 1.000 \text{ mL g}^{-1}$ de carbono orgânico, o P_{ka} de 3,5 e o $\log K_{ow}$ em pH 4, 7 ou 9 de 2,8 (Tompkins, 2010). Meia-vida de 150 dias e alta persistência no solo, o que faz necessário conhecimento de sua seletividade se aplicado por consecutivos anos na mesma área.

Brosnan e Breeden (2012) observaram que a aplicação de $52,5 \text{ g i.a ha}^{-1}$ de indaziflam em pós-emergência inicial de *Digitaria ischaemum* e *Poa annua* promoveu controle de 6% e 0%, respectivamente, aos 35 dias após a aplicação (DAA). No entanto, quando a aplicação foi realizada em pré-emergência destas espécies, o controle foi superior a 90%, mesmo aos 195 DAA (Brosnan *et al.*, 2011; Brosnan *et al.*, 2012). Perry *et al.* (2011) também verificaram controle satisfatório ($\geq 80\%$) de *D. ischaemum* e *P. annua*, com a aplicação de 60 g i.a ha^{-1} de indaziflam em pré-emergência. Em dosagens a partir de $100 \text{ g i.a ha}^{-1}$ em pré-emergência das espécies *Ageratum conyzoides*, *Sida rhombifolia*, *Digitaria horizontalis* e *Bidens pilosa*, promoveu controle satisfatório por período de até 120 dias após a aplicação (Christoffoleti, 2012; Nicolai, 2012).

Quanto à sensibilidade do indaziflam, as culturas de milho, milheto, sorgo, soja, girassol, algodão, beterraba e pepino em desenvolvimento inicial mostraram-se sensíveis ao herbicida, quando semeadas em solo anteriormente aplicado com indaziflam. O sintoma apresentado foi a não emergência ou emergência e morte precoce das plantas nos tratamentos com indaziflam nas dosagens entre 20 e 100 g

i.a ha⁻¹ (Guerra *et al.*, 2013). Jhala *et al.* (2012), em trabalhos com *Lolium multiflorum* submetidos a dosagens de indaziflam, verificaram que 3,65 e 14,62 g i.a ha⁻¹ são suficientes para inibir a germinação desta espécie em 70 e 90%, respectivamente. Dosagens superiores a 29,2 g i.a ha⁻¹ inibiram totalmente a germinação de *L. multiflorum*.

Efeitos negativos em aplicações em pós-emergência têm sido observado até o estágio de duas folhas completamente desenvolvidas (Kaapro e Hall, 2012). Brosnan e Breeden (2012) também sugerem que o tamanho da planta, seu estágio de desenvolvimento e as condições ambientais podem limitar o controle do indaziflam em pós-emergência.

Segundo Hijano (2016), o herbicida indaziflam aplicado em mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar foi seletivo em aplicação de pós-plantio, na dosagem de 37,5 g i.a ha⁻¹, para variedade RB966928, assim como o indaziflam + metribuzin, que foi seletivo para aplicação em pós-plantio nas dosagens até 75 + 960 g i.a ha⁻¹ para RB966928, e a aplicação em pré-plantio dos dois herbicidas causou a morte das mudas de cana-de-açúcar.

Sendo assim o objetivo do estudo foi avaliar a seletividade, controle do herbicida indaziflam aplicado por três anos consecutivos, aplicados na mesma parcela, na cultura da cana-de-açúcar em solo arenoso e época seca.

1.2 Material e Métodos

1.2.1 Características da área experimental

Um experimento foi conduzido em área de produção comercial de cana-de-açúcar pertencente à Tecnocana, localizada no município de Borebi, Estado de São Paulo, Latatitudo 22°33'44''S e Longitude 49°3'42,69''O. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com quatro repetições, sendo cada parcela representada por três linhas duplas de espaçamento alternado (1,5/ 0,9 m) e 7,5 m de comprimento, que resultaram em parcelas com área útil de 60 m², sendo um metro do início e do final de cada parcela e as duas linhas laterais considerando as bordaduras.

As parcelas foram estaqueadas, devidamente identificadas e georreferenciada por um GPS geodésico de alta precisão (Trimble Recon), para obtenção de maior precisão nos próximos dois anos de aplicação dos tratamentos na mesma unidade experimental (Figura 1).

A área experimental é caracterizada como ambiente “E” de produção (Prado, 2005), e uma área de cana soca de segundo corte, com plantio da variedade RB867515 foi realizado em Julho de 2013.. A área experimental foi selecionada propositalmente, com o objetivo de simular as condições mais críticas de seletividade a cultura, como por exemplo, uma área de solo arenoso, que dificulta a adsorção e proporciona a maior disponibilidade dos herbicidas na solução do solo. E sem a presença da palha, cana queimada, que após a aplicação os herbicidas se encontram diretamente depositado na superfície do solo. As características químicas e físicas do solo estão descritas na Tabela 1



Figura 1. Demarcação e georreferenciamento das parcelas experimentais realizadas com GPS Trimble Recon de alta precisão. (Borebi, 2015).

Tabela 1. Características químicas e físicas nas profundidades de 0 a 0,2m e 0,2 a 0,4 m. (Borebi, 2015).

Profun. (m)	pH CaCl ₂	M.O. g dm ⁻³	P _{resina} mg dm ⁻³	Al ³⁺	H ⁺ Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V%
				mmol _c dm ³							
0-0,2	4,7	11	25	2	31	1,0	9	5	15	45	33
0,2-0,4	5,0	14	6	1	25	1,1	19	11	31	56	56

Profun. (m)	Granulometria g kg ⁻¹				Textura do solo
	Areia fina	Areia grossa	Argila	Silte	
0-0,2	530	315	113	42	Arenosa
0,2-0,4	435	299	147	119	Arenosa

1.2.2 Aplicação dos tratamentos

Os tratamentos utilizados foram T1= testemunha; T2= testemunha capinada; T3= indaziflam 75 g i.a ha⁻¹ (Alion 150 ml p.c ha⁻¹); T4= indaziflam 150 g i.a ha⁻¹ (Alion 300 ml p.c ha⁻¹); T5= indaziflam 300 g i.a ha⁻¹ (Alion 600 ml p.c ha⁻¹); T6= indaziflam 75 + metribuzim 960 g i.a ha⁻¹ (Alion Pro 2000 ml p.c ha⁻¹); T7= tebuthiuron 1000 + ametrina 1500 g i.a ha⁻¹ (Combine 2000 + Ametryn 3000 ml p.c ha⁻¹); T8= amicarbazone 700 + clomazone 1250 g/ ml i.a ha⁻¹ (Dinamic 1000 + Gamit 360cs, 2500 g / ml p.c ha⁻¹); T9= tebuthiuron 900 + isoxaflutole 97,5 g i.a ha⁻¹ (Combine 1800 + Provence 130 g/ ml p.c ha⁻¹).

Após a colheita da cultura do ano anterior e antecedendo a instalação do experimento, o resíduo vegetal depositado sobre o solo (palha) foi incinerado, antes da aplicação, para a deposição imediata do produto no solo, tornando assim uma condição mais crítica para avaliação de seletividade, nos três anos de realização do experimento. As aplicações dos tratamentos foram realizadas no dia 23 de junho de 2015 (ano 1), com temperatura de 22,3° e 32,3°C (início e final), ventos oscilando de 3 a 7 km h⁻¹ e umidade relativa do ar entre 42 e 62%. Para aplicação realizada no ano 2, ocorrida em 01 de setembro de 2016, observou-se temperatura do ar de 13,8° e 16,1°C, ventos oscilando de 3 a 8 km h⁻¹ e umidade relativa do ar entre 85 e 89%. Para o ano 3, a aplicação foi realizada em 29 de agosto de 2017, com temperatura do ar de 27,6° e 33,5°C, ventos oscilando de 5 a 8 km h⁻¹ e umidade relativa do ar entre 62 e 54%. As precipitações pluviométricas e precipitações acumuladas durante a condução do experimento estão descritas na Figura 2.

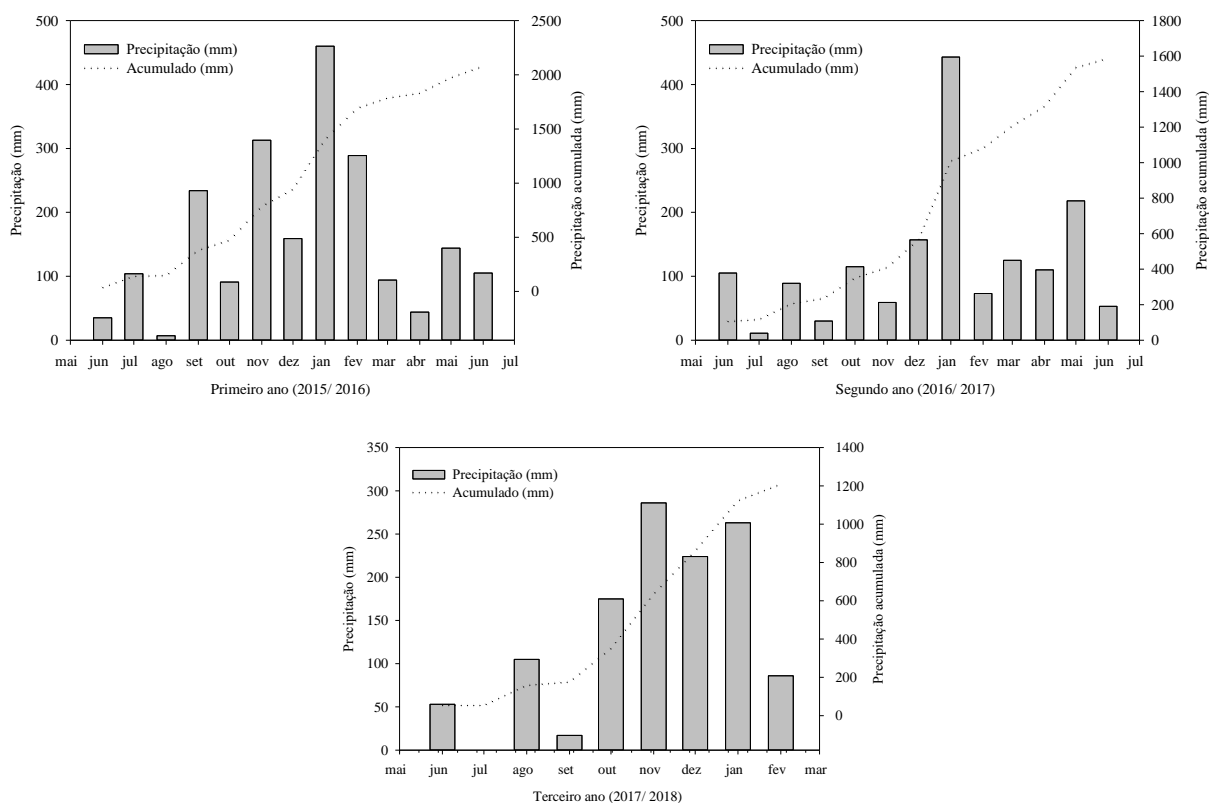


Figura 2. Dados pluviométricos de precipitação e precipitação acumulada (mm), durante os três anos de condução do experimento (Borebi, 2018).

Para aplicação dos tratamentos, foi utilizado um pulverizador costal pressurizado com CO₂ e equipado com uma barra equipada com 6 pontas de pulverização, trabalhando com 6,9 kPa de pressão, pontas de pulverização Teejet AI 110015VS (com indução de ar) e volume de calda de 200 L ha⁻¹ (Figura 3). No ano 1, a aplicação foi realizada em pré brotação total da cultura, e nos anos 2 e 3, em pós-inicial da cultura da cana-de-açúcar (0, 20 a 0, 25 m).

A adubação das unidades experimentais ocorreu no dia 7 de julho de 2015, sendo ela efetuada manualmente à lanço, sem trânsito dentro das parcelas, sendo utilizados 140 kg ha⁻¹ de uréia e 240 kg ha⁻¹ de NPK (03-14-40), conforme utilizado e recomendado pela empresa parceira nas áreas comerciais. No entanto, nos demais anos de condução, a adubação foi realizada de forma mecanizada pela empresa parceira, sendo no segundo ano: 1,5 Mg ha⁻¹ de AJIFER® e 260 kg ha⁻¹ de KCl; terceiro ano: 2,3 e 1,8 Mg ha⁻¹ de calcário e gesso, respectivamente; 1,7 Mg ha⁻¹ de AJIFER® e 360 kg ha⁻¹ de 20-5-25 NPK.



Figura 3. Equipamento utilizado para aplicação dos tratamentos e momento da aplicação dos tratamentos. (Borebi, 2018).

1.2.3 Avaliações realizadas

Foram realizadas avaliações visuais de controle das plantas daninhas adotando a escala percentual de notas entre “0” a “100”, onde “0” correspondeu a nenhum controle, e “100” controle total das plantas daninhas, utilizando como padrão a testemunha sem aplicação. As avaliações visuais foram realizadas aos 70, 120, e 170 (ano 1), 35 e 80 (Ano 2) e 50, 80 e 133 (Ano 3) dias após aplicação (DAA) dos herbicidas. Nessas mesmas datas também foram realizadas avaliações de fitotoxicidade da cultura, onde 0% correspondeu a nenhuma injúria e 100% correspondeu à morte da planta.

A determinação do número de perfilhos foi realizada no dia 09/05/2016 (315 DAA) em quatro metros lineares de cada parcela demarcados com o auxílio de uma

trena. A estimativa de produtividade, toneladas de cana-de-açúcar por hectare (TCH) em Mg ha^{-1} , foi efetuada por meio de pesagem de dois metros lineares de colmos de cada parcela, com o auxílio de balança de gancho. Posteriormente tais amostras foram enviados ao laboratório de análise tecnológica Associação dos Plantadores de Cana do Médio Tietê (ASCANA), para determinação das características tecnológicas da cana-de-açúcar.

Os resultados referentes a controle, fitotoxicidade e parâmetros de produtividade estimada da cultura foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($p > 0,05$) e médias comparadas por teste t-LSD a 5% de probabilidade no software estatístico Sigmaplot 12.5.

1.3 Resultados e Discussão

1.3.1 Fitotoxicidade

Não foi observado fitotoxicidade para nenhum dos tratamentos que receberam o herbicida indaziflam nos três anos avaliados, mesmo na condição de solo arenoso, que facilita a absorção do herbicidas pela cultura e a não adsorção do mesmo ao solo e, pelo fato do mecanismo de ação do indaziflam ser a inibição da celulose, o qual afeta o desenvolvimento radicular da cultura.

Os tratamentos amicarbazone + clomazone e tebuthiuron + isoxaflutole apresentaram fitotoxicidade (clorose) somente no segundo e terceiro ano de cultivo do experimento. Pode-se se atribuir essa fitotoxicidade ao fato de que o experimento no primeiro ano de cultivo foi aplicado em pré-brotação total da cana-de-açúcar e nos demais em pós emergência inicial da cultura (Figura 4).

Nos anos que os tratamentos foram aplicados em pós emergência observou-se fitotoxicidade somente aos 15 DAA, nos tratamentos em que foram aplicados os herbicidas inibidores da síntese de carotenóides em sua combinação, amicarbazone + clomazone e tebuthiuron + isoxaflutole. Ambos os tratamentos apresentaram clorose, sendo estas injúrias mais pronunciadas nos tratamentos que receberam a aplicação de clomazone. No entanto, nas demais avaliações tais injúrias não foram observadas (Figura 4).

Odero et al., (2015), em trabalho realizado com cana energia relataram fitoxidade de 51% após a aplicação de clomazone comparado com a testemunha, e atribuíram essa injúria aos típicos sintomas causados pelos herbicidas que atuam sobre a biossíntese de carotenóides, reduzindo a capacidade desses pigmentos para

dissipar o excesso de energia na parte aérea das plantas, causando assim, o branqueamento. Este excesso de energia, não dissipado pelos carotenóides, promove efeitos oxidativos na clorofila e nas membranas fotossintéticas, resultando em sintomas característico de branqueamento (Dan Hess, 2000).

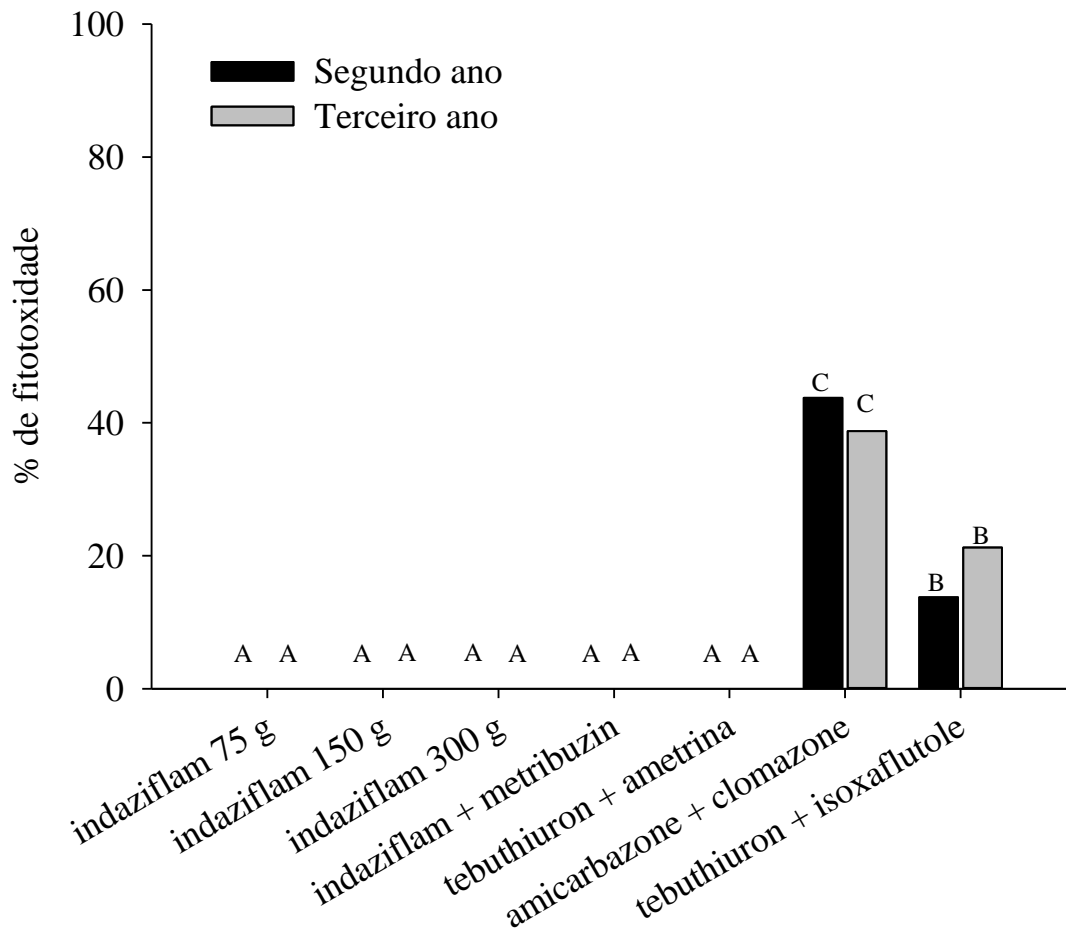


Figura 4. Fitotoxidade visual para cana-de-açúcar, aos 15 DAA dos tratamentos, no segundo e terceiro ano. Dados transformados (raiz quadrada) e letras se diferem pelo teste de média (t-LSD 5%) dentro de cada época avaliada (Borebi, 2016 e 2017).

1.3.2 Controle de plantas daninhas

Para controle de *Urochloa decumbens*, no primeiro ano, todos os tratamentos com indaziflam proporcionaram controle independente da época de avaliação. Aos 70 DAA, os tratamentos amicarbazone + clomazone e tebuthiuron + isoxaflutole também se mostraram eficazes no controle desta espécie de planta daninha. No entanto, nas

demais avaliações houve a redução de controle com resultados percentuais abaixo de 80%, aos 170 DAA. (Figura 5 A).

No segundo ano de avaliação de controle de *Urochloa decumbens*, aos 35 DAA, não houve diferença significativa entre os tratamentos. Aos 80 DAA, para os tratamentos indaziflam 75; 150; 300 g i.a ha⁻¹ e indaziflam + metribuzin e tebuthiuron + isoxaflutole proporcionaram controle, o maior escape foi observado no tratamento que recebeu a aplicação de tebuthiuron + ametrina aos 80 DAA (Figura 5 B).

O controle da espécie *Urochloa decumbens*, no terceiro ano, não foi observado diferença estatística, no entanto, foi satisfatório em quase todos os tratamentos. O herbicida indaziflam, mesmo com alto potencial de controle, e sem mostrar diferenças significativas apresentou queda de controle com as avaliações posteriores, principalmente entre as dosagens de 75 e 150 g i.a ha⁻¹ (Figura 5 C).

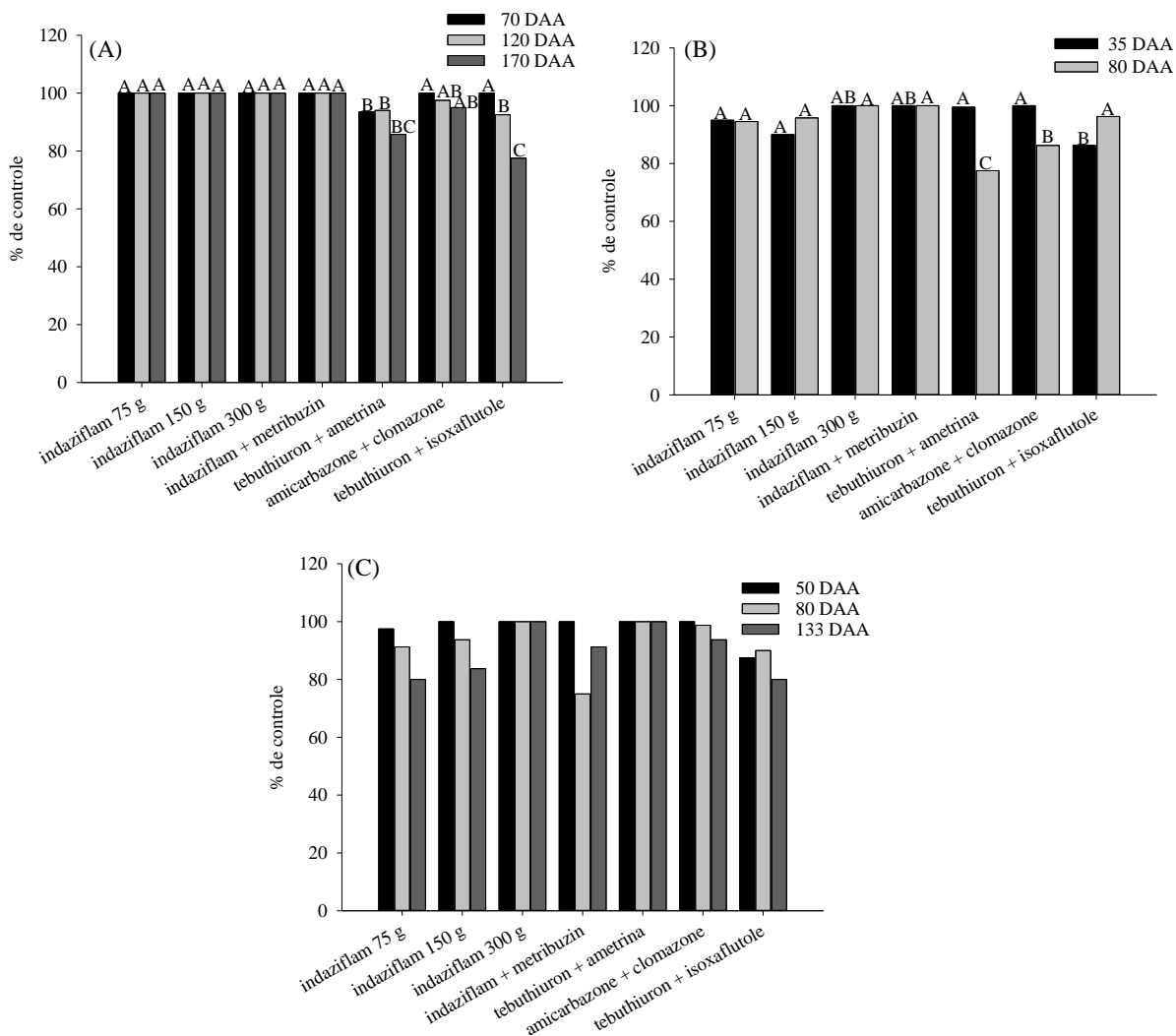


Figura 5. Controle de *Urochloa decumbens* no primeiro ano aos 70, 120 e 170 DAA (A), segundo ano aos 35 e 80 DAA (B) e terceiro ano aos 50, 80 e 133 DAA (C) dos tratamentos avaliados. As letras se diferem pelo teste de média (t-LSD 5%) dentro de cada época avaliada (Borebi, 2015, 2016 e 2017).

Nos resultados apresentados na Figura 6, verificou-se que, nos três anos avaliados os tratamentos que receberam indaziflam proporcionaram controle satisfatório de *Digitaria nuda*, com porcentagem de controle acima de 85%, independente da época de avaliação. As porcentagens abaixo de 80% de controle, foram observadas no primeiro e terceiro ano, para os tratamentos com aplicação de tebutiuron + ametrina, amicarbazone + clomazone e tebutiuron + isoxaflutole, com redução de controle no decorrer das avaliações. No segundo ano, o tratamento tebutiuron + isoxaflutole mostrou-se eficaz até os 80 DAA, quando foi realizada a última avaliação.

Nos tratamentos tebuthiuron + ametrina, amicarbazone + clomazone e tebuthiuron + isoxaflutole, foram observadas reduções de controle principalmente aos 80 e 133 DAA, no terceiro ano de avaliação (Figura 6 C).

Brosnan e Breeden (2012) observaram que a aplicação de indaziflam na dosagem de 52,5 g i.a ha⁻¹, em pós-emergência inicial de *Digitaria ischaeemum* e *Poa annua*, promoveu controle de 6% e ausência de controle, respectivamente, aos 35 DAA. No entanto, quando aplicado em pré-emergência, o controle foi superior a 90%, mesmo aos 195 DAA. Estudos mostraram controle satisfatório ($\geq 80\%$) de *D. ischaeemum* e *P. annua* com a aplicação de 60 g i.a ha⁻¹ de indaziflam em pré-emergência superior a 90% para *Digitaria ischaeemum*, aos 203 DAA (Perry et al., 2011). O controle de *Digitaria ischaeemum* em gramado foi observado entre 69 e 89% para as dosagens de 37,5 e 50 g i.a ha⁻¹ de indaziflam, respectivamente, obtendo-se 100% controle apenas nas dosagens 75, 80 e 100 g i.a ha⁻¹ (Kaapro e Hall, 2012). Assim seu potencial de controle para as gramíneas, foi considerado mais pronunciado, quando aplicado em pré-emergência..

Experimentos conduzidos no Brasil demonstraram que a aplicação de indaziflam em dosagens a partir de 100 g i.a ha⁻¹, em pré-emergência das espécies *Ageratum conyzoides*, *Sida rhombifolia*, *Digitaria horizontalis* e *Bidens pilosa*, proporcionaram controle satisfatório por um período de até 120 DAA (Christoffoleti, 2012; Nicolai, 2012).

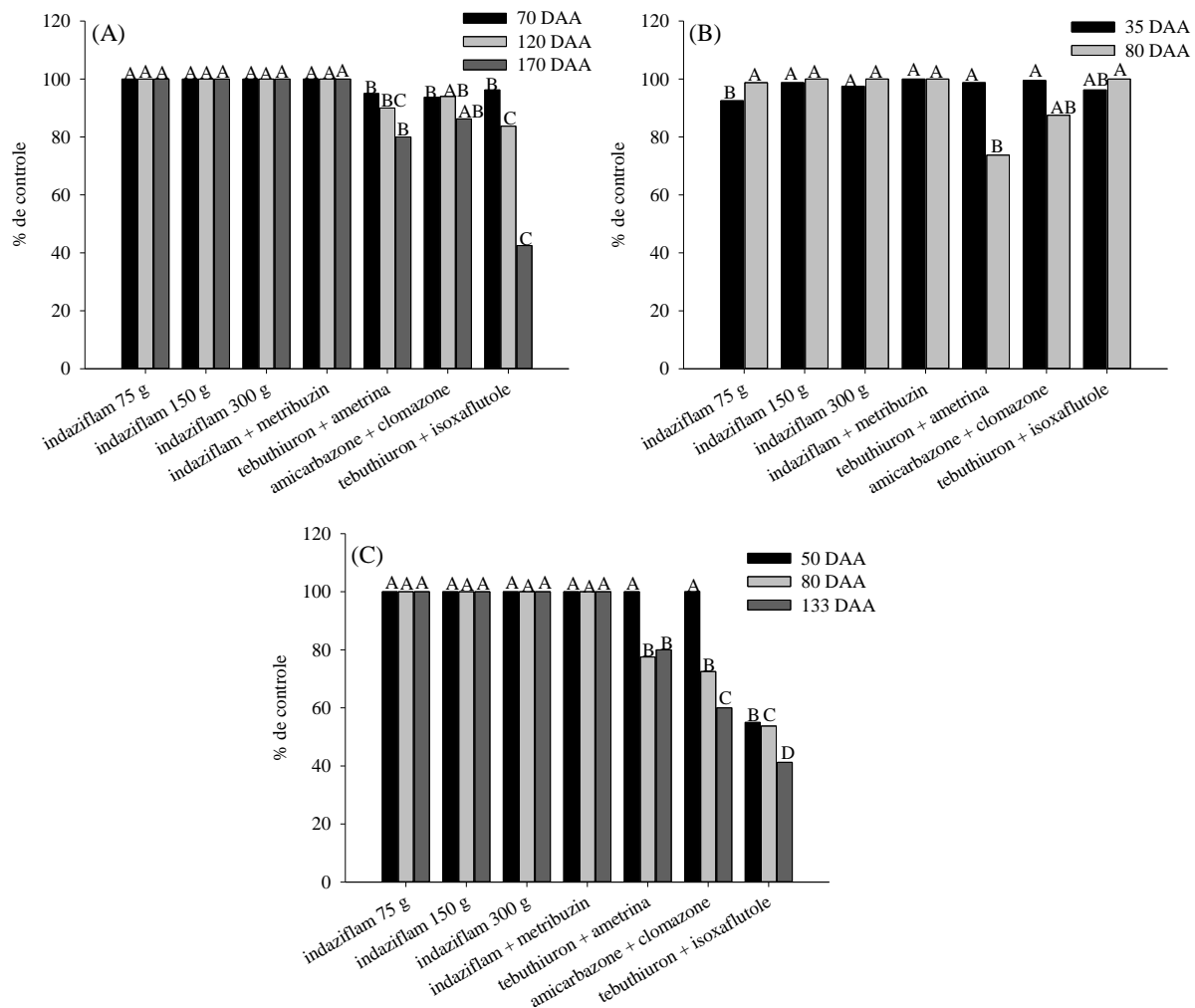


Figura 6. Controle de *Digitaria nuda* no primeiro ano aos 70, 120 e 170 DAA (A), segundo ano aos 35 e 80 DAA (B) e terceiro ano aos 50, 80 e 133 DAA (C) dos tratamentos avaliados. As letras se diferem pelo teste de média (t-LSD 5%) dentro de cada época avaliada (Borebi, 2015, 2016 e 2017).

1.3.3 Parâmetros biométricos produtivos

Para os parâmetros produtivos da cana-de-açúcar, não foram observadas diferenças significativas entre tratamentos no primeiro ano de avaliações, assim se mostrando todos os produtos seletivos à cultura (Tabela 2).

Devido a problemas no segundo ano de condução do experimento, os dados referentes à biometria e produtividade não foram coletados, e no terceiro ano, há a previsão de colheita em Maio de 2018.

Tabela 2. Altura (m), diâmetro (cm), número de colmos por metro, e tonelada de cana-de-açúcar por hectare (TCH) aos 315 DAA, no primeiro ano de condução do experimento. (Borebi, 2015).

Tratamentos	Altura (m)	Diâmetro (cm)	Nº de colmos (m)	TCH (Mg ha ⁻¹)
testemunha	2,1	2,4	7,8	57,7
testemunha capinada	2,0	2,2	8,0	56,3
indaziflam 75 g i.a ha ⁻¹	2,0	2,2	7,9	57,3
indaziflam 150 g i.a ha ⁻¹	1,9	2,1	8,2	55,3
indaziflam 300 g i.a ha ⁻¹	2,0	2,3	7,3	62,7
indaziflam + metribuzin	2,0	2,3	8,3	62,2
tebuthiuron + ametrina	1,9	2,1	8,3	54,2
amicarbazone + clomazone	2,1	2,2	9,3	65,3
tebuthiuron + isoxaflutole	2,2	2,3	7,8	57,2
F Trat	0,96 ^{ns}	1,08 ^{ns}	1,70 ^{ns}	0,55 ^{ns}
F Bloco	7,28 ^{ns}	0,34 ^{ns}	1,91 ^{ns}	5,46 ^{**}
CV(%)	9,03	7,83	10,16	17,84

^{ns}=Não significativo, ^{**} significativo a 1% e ^{*} significativo a 5%.

1.3.4 Características tecnológicas

As características tecnológicas da cana-de-açúcar não foram afetadas pelos tratamentos herbicidas (Tabela 3). Resultados semelhantes foram encontrados por Rodrigues De Souza *et al.* (2009), quando avaliaram as características tecnológicas de diferentes variedades de cana-de-açúcar submetidas aos herbicidas amicarbazone, tebuthiuron e diuron + hexazinona, e concluíram que, tanto a produtividade quanto a qualidade tecnológica não foram afetadas pelos tratamentos herbicidas.

Tabela 3. Resultados das avaliações tecnológicas (Borebi, 2015).

Tratamento	Pza (%)	Fibra (%)	AR (%) kg t ⁻¹	PC (%)	ATR
testemunha	84,7	12,97	0,61	12,85	129,3
testemunha Capinada.	85,1	13,03	0,60	13,09	131,5
indaziflam 75 g i.a ha ⁻¹	85,5	13,22	0,59	13,31	133,5
indaziflam 150 g i.a ha ⁻¹	84,6	13,10	0,61	12,77	128,6
indaziflam 300 g i.a ha ⁻¹	85,4	13,07	0,59	13,26	133,1
indaziflam + metribuzin	85,2	13,06	0,60	13,21	132,7
tebuthiuron + ametrina	85,5	13,24	0,59	13,14	131,9
amicarbazone + clomazone	83,4	13,12	0,65	12,25	123,9
tebuthiuron + isoxaflutole	84,7	12,86	0,61	12,96	130,5
F Trat	1,276 ^{ns}	0,354 ^{ns}	1,116 ^{ns}	1,512 ^{ns}	1,53 ^{ns}
F Bloco	4,365 ^{**}	1,02 ^{ns}	3,83 ^{**}	5,399 ^{**}	5,466 ^{**}
CV(%)	1,18	2,94	5,58	3,95	3,56

Fibra=Fibra da cana; PZA= pureza; ATR=Açúcar total recuperado; AR=Açúcares redutores; PC=Pureza do caldo significativo a*5%, **1% e***10% probabilidade, ns= não significativo pelo teste F; Médias seguidas por letras diferentes na coluna se diferem entre si pelo teste t- LSD à 5%.

1.4 Conclusão

O herbicida indaziflam mostrou-se seletivo à cultura da cana-de-açúcar em todas as dosagens utilizadas, mesmo em condições extremas, não afetando as características produtivas e tecnológicas da cana-de-açúcar no primeiro ano em que foi avaliado. E o indaziflam apresentou controle para as espécies *Urochloa decumbens* e *Digitaria nuda* em dosagens a partir de 75 g i.a ha⁻¹.

Referências

BROSNAN, J.; MCCULLOUGH, P.; BREEDEN, G. Smooth crabgrass control with indaziflam at various spring timings. **Weed Technology**, v. 25, n. 3, p. 363-366, 2011.

BROSNAN, J. T.; BREEDEN, G. K. Application placement affects postemergence smooth crabgrass (*Digitaria ischaemum*) and annual bluegrass (*Poa annua*) control with indaziflam. **Weed technology**, v. 26, n. 4, p. 661-665, 2012.

BROSNAN, J. T. et al. PRE and POST control of annual bluegrass (*Poa annua*) with indaziflam. **Weed Technology**, v. 26, n. 1, p. 48-53, 2012.

CHRISTOFFOLETI, P. Indaziflam: Novo mecanismo de ação para a cana-de-açúcar. CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 2012. p.76-80.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. p. http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&t=&Pagina_objcmsconteudos=2#A_objcmsconteudos, 2017.

CORREIA, N.; DURIGAN, J. Weed emergence in soil covered with sugarcane harvest straw residue. **Planta Daninha**, v. 22, n. 1, p. 11-17, 2004.

DAN HESS, F. Light-dependent herbicides: an overview. **Weed Science**, v. 48, n. 2, p. 160-170, 2000.

DIAS, A. et al. Understanding the occurrence of different species of crabgrass (*Digitaria spp.*) in sugar cane crop. **Planta Daninha**, v. 25, n. 3, p. 489-499, 2007.

DIAS, N. M. P.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; TORNISIELO, V. L. Identificação taxonômica de espécies de capim-colchão infestantes da cultura da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo e eficácia de herbicidas no controle de *Digitaria nuda*. **Bragantia**, v. 64, n. 3, 2005.

DURIGAN, J. C.; TIMOSSI, P.; LEITE, G. Controle químico da tiririca (*Cyperus rotundus*), com e sem cobertura do solo pela palha de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, p. 127-135, 2004.

FAO. Food and Agriculture Organization <http://www.fao.org.br/download/PA20142015CB.pdf>, 2015. Acesso em: 10/01/2018.

GALON, L. et al. Influência de herbicidas na qualidade da matéria-prima de genótipos de cana-de-açúcar. **Planta daninha**, v. 27, n. 3, p. 555-562, 2009.

GUERRA, N. et al. Aminocyclopyrachlor e indaziflam: Seletividade, controle e comportamento no ambiente. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 12, n. 3, p. 285-295, 2013.

HERNANDEZ, D.; ALVES, P.; MARTINS, J. Influência do resíduo de colheita de cana-de-açúcar sem queima sobre a eficiência dos herbicidas imazapic e imazapic+ pendimethalin. **Planta daninha**, p. 419-426, 2001.

HIJANO, N. Interferência de capim-camalote em cana-de-açúcar e seletividade de indaziflam e indaziflam+ metribuzin aplicados em cana-de-açúcar no sistema MPB. 2016.

JHALA, A. J.; RAMIREZ, A. H.; SINGH, M. Leaching of indaziflam applied at two rates under different rainfall situations in Florida Candler soil. **Bulletin of environmental contamination and toxicology**, v. 88, n. 3, p. 326-332, 2012.

KAAPRO, J.; HALL, J. Indaziflam, a new herbicide for pre-emergent control of weeds in turf, forestry, industrial vegetation and ornamentals. **Pak J Weed Sci Res**, v. 18, p. 267-270, 2012.

KUVA, M. et al. Períodos de interferência das plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar: II-Capim-braquiária (*Brachiaria decumbens*). **Planta Daninha**, p. 323-330, 2001.

NICOLAI, M. Avaliação da seletividade do herbicida indaziflam ao longo de três anos para a cultura do citros. CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 2012. p.81-85.

PERRY, D. et al. Indaziflam utilization for controlling problematic turfgrass weeds. **Applied Turfgrass Science**, v. 8, n. 1, p. 0-0, 2011.

PINTO DE CARVALHO, S. J. et al. Atividade residual de seis herbicidas aplicados ao solo em época seca. **Revista Ceres**, v. 59, n. 2, 2012.

PITELLI, R. Interferência de plantas daninhas em culturas agrícolas. **Inf. Agropec**, v. 11, n. 129, p. 16-27, 1985.

PITELLI, R. A. Competição e controle das plantas daninhas em áreas agrícolas. **Série técnica IPEF**, v. 4, n. 12, p. 1-24, 1987.

PRADO, H. D. Ambientes de produção de cana-de-açúcar na região Centro-Sul do Brasil. **Informações agrônômicas**, v. 110, p. 12-17, 2005.

PROCÓPIO, S. D. O. **Manejo de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar**. Universidade Federal de Viçosa, 2003.

RODRIGUES DE SOUZA, J. et al. Tolerância de variedades de cana-de-açúcar a herbicidas aplicados em pós-emergência. **Bragantia**, v. 68, n. 4, 2009.

ROSSI, C. **Dinâmica e eficácia no controle de plantas daninhas pelo herbicida metribuzin aplicado sobre palha de cana-de-açúcar. 2004. 95 f.** 2004. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Proteção de Plantas)-Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2004.[Links]

SCHIAVETTO, A. et al. Tolerância de cana-de-açúcar a herbicidas avaliada pela diferença dos tratamentos. **Planta Daninha**, p. 173-184, 2012.

SILVA JR, A. et al. EMERGENCE OF WEED SPECIES (*Brachiaria* sp.) UNDER SUGARCANE STRAW. **Planta Daninha**, v. 34, n. 3, p. 423-432, 2016.

TOMPKINS, J. Environmental Protection Agency Pesticide Fact Sheet: Indaziflam. **Environmental Protection Agency**, 2010.

TROPALDI, L. et al. Detecção da tolerância de diferentes espécies de capim-colchão a herbicidas inibidores do fotossistema II utilizando a técnica da fluorescência. **Ciência Rural**, v. 45, n. 5, p. 767-773, 2015.

VELINI, E. et al. Avaliação dos efeitos do herbicida clomazone, aplicado em pós-emergência, sobre o crescimento e produtividade de soqueiras de nove variedades de cana-de-açúcar. CONGRESSO NACIONAL DOS TÉCNICOS AÇUCAREIROS E ALCOOLEIROS DO BRASIL, 1993, STAB Águas de São Pedro. p.125-128.

VELINI, E. D. et al. Avaliação da seletividade da combinação de oxyfluorfen e ametryne, aplicada em pré ou pós-emergência, a dez variedades de cana-de-açúcar (cana-planta). **Planta Daninha**, p. 123-134, 2000.

CAPÍTULO 2- AVALIAÇÃO DA EFICÁCIA DO INDAZIFLAM NO CONTROLE DE *Panicum dichotomiflorum* ATRAVÉS DE IMAGENS AÉREAS

Resumo

A utilização de imagens aéreas tem se apresentado com grande frequência na agricultura, e a partir delas se pode obter várias informações pertinentes à cultura de interesse, e potenciais danos a produção. Sendo assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a eficácia de controle do herbicida indaziflam no controle de *P. dichotomiflorum* em solo orgânico e correlacionar sua eficácia de controle com imagens aéreas obtidas a partir de drone, trabalhadas em diferentes softwares (DroneDeploy e ImageJ). Os tratamentos utilizados foram indaziflam nas dosagens de 0; 84,8; 170,04; 254,92 e 340,09 g i.a ha⁻¹. Os parâmetros avaliados para comparação entre os tratamentos foram: eficácia de controle das plantas aos 44, 67 e 87 dias após aplicação (DAA) e número de plantas de *P. dichotomiflorum* por parcela aos 67 DAA. Aos 67 e 87 DAA foram realizadas fotografias aéreas com o uso de um drone, para determinação da porcentagem de cobertura (nível de controle), trabalhadas em ambos softwares, e posteriormente, os dados de porcentagem cobertura vegetal foram correlacionados com número de plantas e controle. O indaziflam na dosagem de 304,09 g i.a ha⁻¹, em solo orgânico, apresentou controle satisfatório, acima de 80% até os 67 DAA. Correlações positivas entre as porcentagens de cobertura e controle visual foram observadas a partir de imagens aéreas. As imagens geradas a partir de drone, e trabalhadas com o software gratuito ImageJ, mostrou-se como uma ferramenta de precisão em alternativa ao DroneDeploy, para avaliação de porcentagem de cobertura e correlação com o controle de plantas daninhas e densidade de infestação.

Palavras-chave: Alion. Drone. Colonião. Solo orgânico. ImageJ. DroneDeploy

CHAPTER 2- EVALUATION OF THE EFFICACY OF INDAZIFLAM IN THE CONTROL OF *Panicum dichotomiflorum* THROUGH AERIAL IMAGES

Abstract

The use of aerial images has been presented with great frequency in agriculture, and from them can obtain various information pertinent to the culture of interest, and potential damage to production. The objective of the present work was to evaluate the effectiveness of indaziflam herbicide control in the control of *P. dichotomiflorum* in organic soil and to correlate its control efficiency with aerial images obtained from drones, worked on different software (DroneDeploy and ImageJ). The treatments used were indaziflam at the dosages of 0; 84.8; 170.04; 254.92 and 340.09 g i.a ha⁻¹. The parameters evaluated for comparison among treatments were: control efficiency of plants at 44, 67 and 87 days after application (DAA) and number of *P. dichotomiflorum* plants per plot at 67 DAA. At 67 and 87 DAA aerial photographs were performed with the use of a drone, to determine the percentage of coverage (control level), worked in both softwares, and later, the vegetation cover percentage data were correlated with number of plants and control. The indaziflam in the dosage of 304.09 g i.a ha⁻¹ in organic soil showed satisfactory control, above 80% up to 67 DAA. Positive correlations between coverage percentages and visual control were observed from area images. Images generated from drone, and worked with the free ImageJ software, proved to be a precision tool as an alternative to DroneDeploy, to evaluate percentage of coverage and correlation with weed control and infestation density.

Key-words: Alion. Drone. Fall panicum, Organic soil. ImageJ. DroneDeploy.

2.1 Introdução

Os programas de manejo do *Panicum dichotomiflorum* na cultura da cana-de-açúcar no sul da Flórida, independente do tipo de solo, geralmente é realizado com múltiplas aplicações de herbicidas em combinação ao controle mecânico. O pendimetalin é uma das ferramentas em pré-emergência em combinação com atrazina ou metribuzin. No entanto, a eficácia do pendimetalin é reduzida quando aplicado sob condições secas e sem incorporação, que é uma das épocas mais frequentes de aplicação, pois nestas épocas que ocorrem o plantio e a colheita da cana-de-açúcar na Florida (Odero e Shaner, 2014). Conseqüentemente, a aplicação em

pós-emergência inicial é utilizada com os herbicidas atrazina ou metribuzin em combinação com ametrina, em plantas de *P. dichotomiflorum* menores que 4 cm de altura. Porém, se houver falha de controle das aplicações em pré e pós inicial, são utilizadas outras aplicações com herbicidas como asulam e trifloxisulfuron em área total (Odero e Dusky, 2014; Odero e Shaner, 2014).

Uma das alternativas para o controle de *P. dichotomiflorum*, em pré-emergência, é o herbicida indaziflam, que é um novo ingrediente ativo. É um herbicida pertencente a uma nova classe química "alkylazine", e seu mecanismo de ação é a inibição da biossíntese de celulose (Tompkins, 2010), com potencial de controle tanto para mono e dicotiledôneas em pré-emergência inicial (Perry *et al.*, 2011; Brosnan e Breeden, 2012; Brosnan *et al.*, 2012).

Os herbicidas de pré-emergência ao serem aplicados no solo estão sujeitos a uma série de processos de degradação como: sorção, lixiviação, fotodegradação e degradação microbiana principalmente quando aplicados em um solo com alto teor de matéria orgânica (MO) e atividade microbiológica (Curran, 2016). Jeffries *et al.* (2016) observaram forte correlação com o comportamento e disponibilidade de indaziflam em solos com quantidades de MO entre 1,1 e 5,5 % que, se relacionado com a alta quantidade de MO dos solos orgânicos da Florida, essa correlação pode ser mais pronunciada.

O indaziflam é um herbicida com solubilidade baixa ($0,0028 \text{ kg m}^{-3}$ a $20 \text{ }^\circ\text{C}$), $\text{KOC} < 1000 \text{ mL g}^{-1}$ de carbono orgânico, $\text{pKa}: 3,5$ e \log de Kow em pH entre 4 e 9: $2,8$. Meia vida $t_{1/2}$: superior a 150 dias, sendo considerado pouco a moderadamente móvel no solo (Tompkins, 2010; Jhala *et al.*, 2012; Jhala e Singh, 2012; Alonso *et al.*, 2015). Geralmente quanto menor sua solubilidade em água maior será sua afinidade

pela fração orgânica do solo ou argila, que são os dois principais sítios de sorção dos produtos com baixa solubilidade, devido sua alta capacidade de troca catiônica, Kow e Koc (Kawamoto e Urano, 1989; Vivian *et al.*, 2007; Rocha *et al.*, 2013).

A agricultura atualmente vem recebendo com sucesso as tecnologias pertinentes a análises de imagens por meio de veículos aéreos não tripulados (VANTS/Drones), pois com o uso dessa ferramenta, se tem alta acurácia na interpretação de dados relativos à sanidade da cultura e sua potencial expressão produtiva. É de grande interesse para a agricultura métodos de análises em grande escala, sem que seja uma amostragem destrutiva das plantas.

Dessa forma, o desenvolvimento de técnicas remotas para avaliação da estrutura do dossel das plantas, estimativa de parâmetros agronômicos, monitoramento do crescimento e desenvolvimento, do estado nutricional e da incidência de doenças vem sendo estudado por alguns pesquisadores, que se baseiam na aquisição e análise de imagens obtidas em câmeras digitais convencionais e específicas (RGB e Infra vermelho) e tem sido utilizados para estimar a produtividade (Casadesús *et al.*, 2007), o grau de senescência foliar (Adamsen *et al.*, 1999), o estágio fenológico da cultura (Ide e Oguma, 2010; Sakamoto *et al.*, 2012), e na detecção de plantas daninhas (Perez *et al.*, 2000). Estas técnicas também têm sido largamente utilizadas na estimativa da área foliar, fração de cobertura vegetal e interceptação de radiação (Baker *et al.*, 1996; Lukina *et al.*, 1999; Campillo *et al.*, 2008; Lati *et al.*, 2011).

Os sensores/câmeras acoplados nos drones se baseiam em medidas da reflexão da radiação eletromagnética após interagir com as diversas superfícies. Sensores que captam diferentes faixas do espectro são utilizados a depender do elemento a ser analisado. Câmeras RGB possibilitam detecção de falhas de plantio, acompanhamento do desenvolvimento e construção de modelo de elevação. Os sensores termais são usados na detecção de estresse hídrico e as câmeras multiespectrais são capazes de detectar estresse nutricional, após cálculo de índices indicadores, enquanto as hiperespectrais podem ser usadas para calcular índices espectrais combinados e para calibrar bandas (Herwitz *et al.*, 2004; Zhao *et al.*, 2010; Córcoles *et al.*, 2013; Ballesteros *et al.*, 2014; Jorge e Inamasu, 2014; Silva e Lemos, 2017).

Portanto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a eficácia de controle do herbicida indaziflam no controle de *P. dichotomiflorum* e correlacionar sua eficácia de

controle com imagens aéreas obtidas a partir de drone e trabalhadas nos diferentes softwares DroneDeploy e ImageJ.

2.2 Material e Métodos

2.2.1 Local e características da área experimental

O experimento foi instalado em área experimental pertencente ao Everglades Agriculture Areas (EAA), 26° 39'30" N e 80° 37' 38"O, Belle Galde, Flórida, Estados Unidos, entre os meses de março e maio de 2017, em área de solo orgânico (pH: 7,3 e 75% de matéria orgânica). A área experimental com histórico de alta infestação de *P. dichotomiflorum* no banco de sementes.

O delineamento experimental foi de blocos casualizados com cinco tratamentos e quatro repetições, sendo cada parcela representada por uma área de solo sem a presença de cobertura vegetal com dimensões de 3 x 5 m, que resultaram em parcelas com área útil de 15 m², em todas as parcelas 0,5 m do início e do final de cada parcela foi considerado bordadura. Para a instalação do experimento na área fez-se uma gradagem leve e posteriormente um rolo compactador para homogeneizar a área com pósterior identificação das parcelas e aplicação dos tratamentos.

2.2.2 Tratamentos

Os tratamentos utilizados foram indaziflam nas dosagens de 0; 84,8; 170,04; 254,92 e 340,09 g i.a ha⁻¹. Para a aplicação dos tratamentos foi utilizado um pulverizador costal pressurizado por CO₂ a 6,9 kPa de pressão, equipado com barra de pulverização com quatro pontas de jato plano (modelo XR 11002VS Teejet, Wheaton, IL, USA). O consumo de calda de aplicação foi de 187 L ha⁻¹ e o espaçamento entre pontas de pulverização de 0,50 m. As aplicações foram realizadas no dia 02 de março de 2017 com temperatura do ar de 27,5°, ventos oscilando de 5 a 8 km h⁻¹ e umidade relativa do ar de 83%.

3.2.2 Características Avaliadas

Os parâmetros avaliados para comparação entre os tratamentos foram: eficácia de controle das plantas aos 44, 67 e 87 dias após aplicação (DAA), atribuindo-se notas variando de 0 (sem danos visíveis) a 100 (morte das plantas), conforme (Gazziero, 1995). Aos 67 DAA foi contado o número de plantas em todas as parcelas.

Aos 67 e 87 DAA foram realizadas fotografias aéreas com o uso de um drone (DJI Phantom 3 Standard), câmera composto por uma resolução max. 4000 x 3000,

12mp, sensor 1/2.3", acoplado a um tablet (Samsung Galaxy TAB A T-350), em voo autônomo a partir de GPS (Figura 7).



Figura 7. Drone utilizado para obtenção das imagens aéreas (Belle Glade, 2017).

A partir de 44 imagens obtidas com o aplicativo PIX4D gerou-se o mosaico de ortofoto em uma única imagem com a utilização dos aplicativos DroneDeploy e ICE (Image composite editor).

O aplicativo DroneDeploy tem a função da geração de uma imagem e também a opção de ajuste para se observar o índice de vegetação em relação ao solo (Figura 8). No entanto as imagens foram trabalhadas na versão de teste disponibilizada pela empresa DroneDeploy.

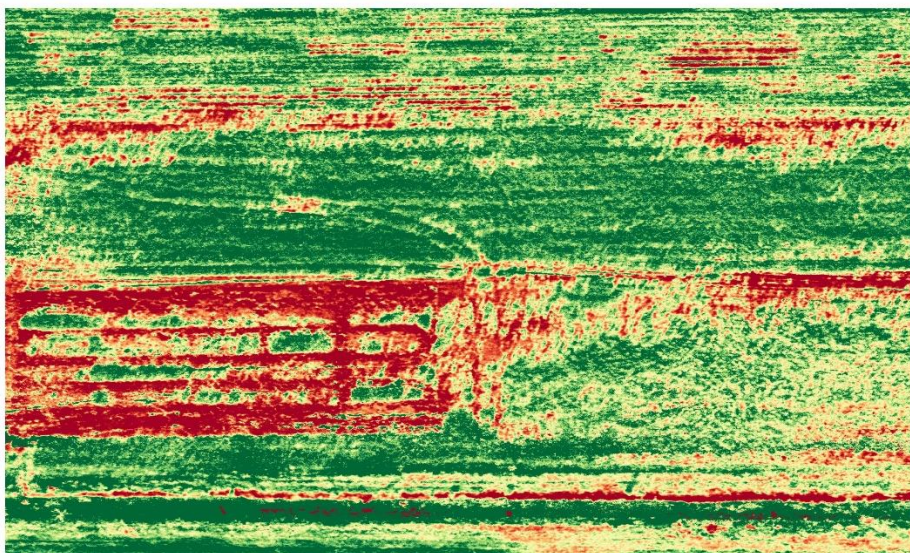


Figura 8. Imagem gerada automaticamente pelo software DroneDeploy (Belle Glade, 2017).

Sendo assim, a partir de fotos geradas com o software ICE, sem a opção de índice de vegetação, foi utilizado o aplicativo ImageJ para avaliação das imagens geradas e estabelecidas as correlações aos 67 e 87 DAA entre: controle x imagens do DroneDeploy, controle x Imagens ImageJ número de plantas x imagem DroneDeploy e número de plantas x imagem ImageJ. Os dados das imagens geradas foram expressos em porcentagem de cobertura em relação à testemunha e as correlações submetidas a opção “CORREL” no programa Excel 2016.

2.2.3 Métodos de análise das imagens

Para análise no programa ImageJ, as imagens foram recortadas e as unidades experimentais avaliadas e carregadas no ImageJ. Após abrir a imagem no programa, na opção image→Adjust→Color Threshold→Sample foi selecionado uma área referente à coloração da cobertura vegetal e os parâmetros utilizados estão expostos na Figura 9. Após a imagem ter a vegetação representada foi convertida a 8 bits em image→type→8-bit e a área de cada unidade experimental selecionada e mesurada na opção Analyser→Measure. Os dados foram gerados em porcentagem da área de vegetação de acordo com o número de pixels das imagens (Figuras 9 e 10). Os dados gerados pelo ImageJ foram exportados para o Excel e as porcentagens de cobertura dos tratamentos calculadas em relação à testemunha.

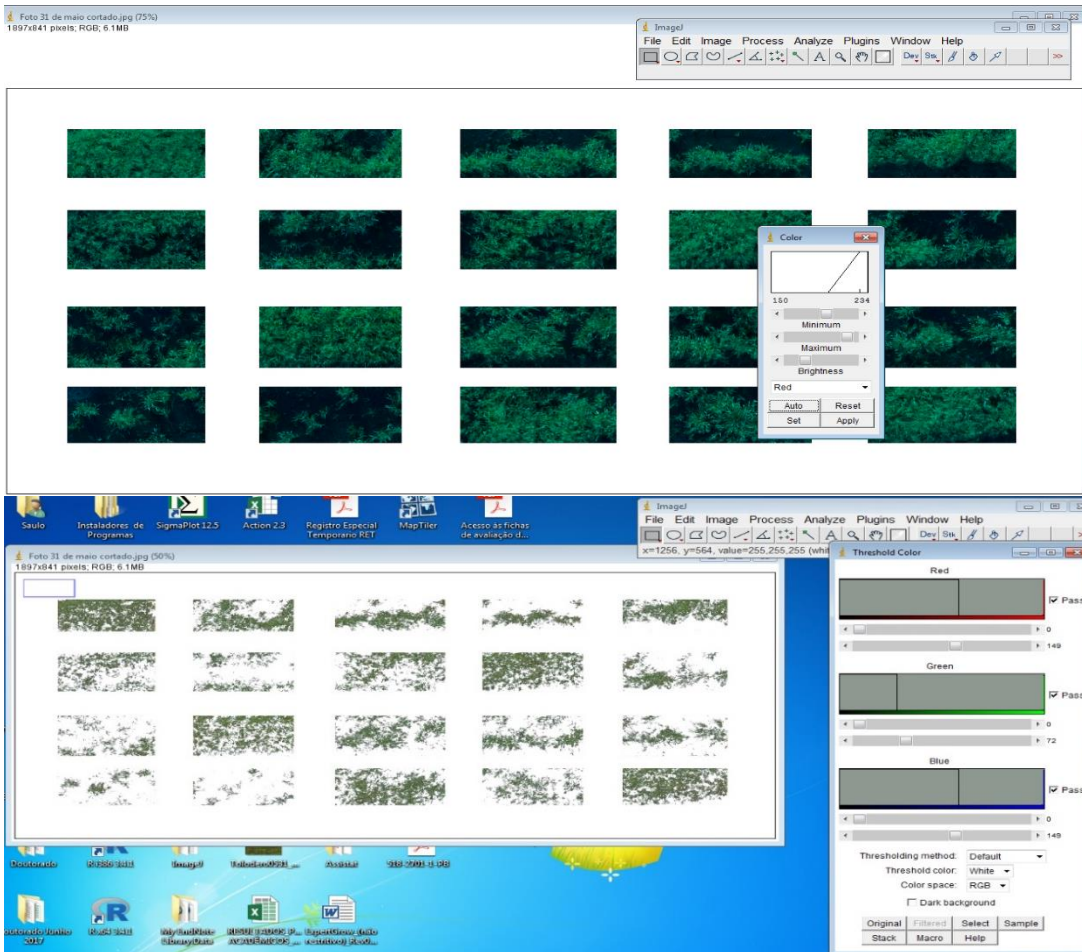


Figura 9. Etapas de processamento das imagens no software ImageJ (Belle Glade, 2017).

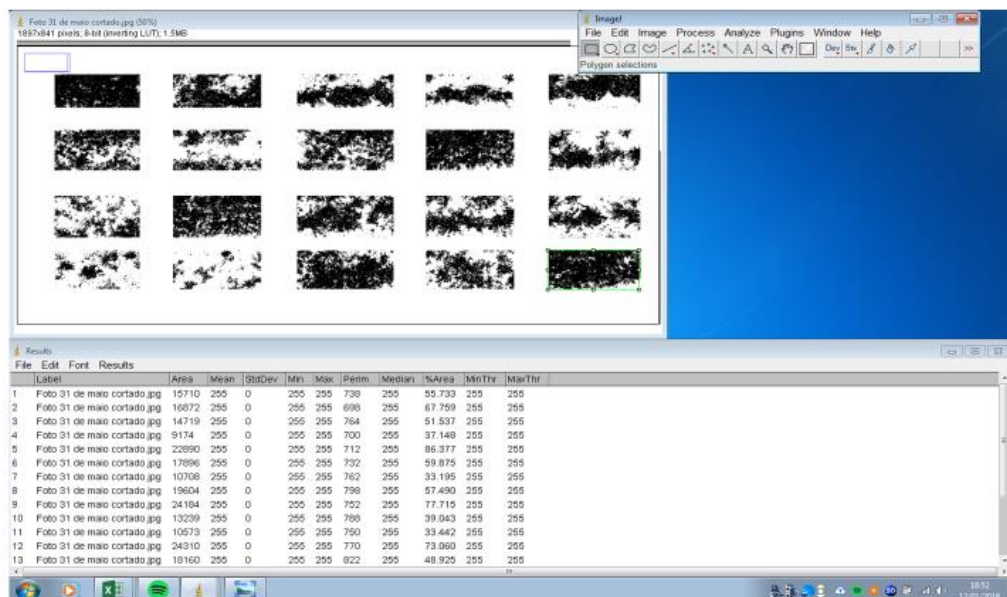


Figura 10. Dados gerados respectivos a cada unidade experimental no software ImageJ (Belle Glade, 2017).

2.2.4 Análise estatística dos dados

Os dados de eficácia de controle, número de plantas e porcentagem de cobertura, foram submetidos a análise de variância e aplicação do teste F. Sendo os efeitos significativos, os dados foram ajustados ao modelo de regressão não linear do tipo log-logístico proposto por Streibig (1988), para a determinação da curva de dosagem-resposta:

$$y = \frac{a}{\left[1 + \left(\frac{x}{b}\right)^c\right]}$$

Onde: y = porcentagem de controle ou massa seca; x = dosagem do herbicida (g i.a. ha⁻¹); a , b e c são parâmetros da equação, sendo que a = assíntota entre o ponto máximo e mínimo da variável, b = é a dosagem que proporciona 50% de resposta da variável. As análises de regressão foram realizadas com auxílio do software estatístico Sigmaplot 12.5.

No modelo log-logístico um dos parâmetros integrantes da equação (b) é uma estimativa do valor do C_{50} . O C_{50} é a dosagem do herbicida que proporcionam 50% de controle ou de redução de massa da planta daninha, respectivamente (Streibig, 1988; Seefeldt *et al.*, 1995).

2.3 Resultados e Discussão

2.3.1 Curva dose-resposta

Os parâmetros do modelo log-logístico ajustados para os resultados de porcentagem de controle nas avaliações realizadas aos 44, 67 e 87 DAA e as curvas de dose-resposta estão apresentadas na Tabela 4. Pode-se verificar que as porcentagens de controle variaram com as dosagens de indaziflam, a maior dosagem, 340,9 g i.a ha⁻¹, mostrando maior porcentagem de controle em todas as épocas de avaliação. A dosagens suficiente para proporcionar 50 % de controle do *P. dichotomiflorum* (C_{50}), nas diferentes épocas foram de 70, 120 e 187,5 g i.a ha⁻¹ aos 44, 67 e 87 DAA, respectivamente. As perdas de controle com o decorrer das avaliações podem ser atribuídas a degradação do indaziflam no solo e precipitações ocorridas após 44 DAA (Figura 12), no entanto o controle aos 67 DAA na maior dosagem utilizada foi acima de 80%.

De acordo com as características físico-químicas do herbicida indaziflam, o solo e ambiente em que o mesmo foi aplicado, pode-se considerar que o herbicida obteve

um período expressivo de residual no solo, que proporcionou controle até mesmo em condições desfavoráveis. Amim *et al.* (2014b) observaram a necessidade de maior dosagem de indaziflam para obtenção de controle satisfatório de *Rottboellia cochinchinensis* no solo de textura argilosa. Isso pode ser explicado pelo maior teor de MOS, possivelmente, conferindo-lhe maior capacidade de adsorção do herbicida, uma vez que esse produto apresenta características lipofílicas. Diversos autores têm relatado a relação entre teores de argila e MOS, na sorção de herbicidas, como por exemplo o diuron (Alister *et al.*, 2010; Inoue *et al.*, 2010; Rocha *et al.*, 2013) e outros herbicidas lipofílicos (Freitas *et al.*, 2014), sendo que esta relação de sorção e MOS também foi relatada para o indaziflam por meio de cromatografia líquida (Alonso *et al.*, 2011).

Tabela 4. Parâmetros estatísticos do modelo Log-logístico. (Belle Glade, 2017).

Parâmetros estatísticos	% de Controle			Nº de Plantas
	44 DAA	67 DAA	87 DAA	67 DAA
R ²	0,87	0,97	0,97	0,92
a	531,07	1885,11	10253,38	99,9424
c	-0,4512	-0,541	-0,613	1,3333
b	10189,61	93277,19	1051914,25	61,9233
DL50	70	120	187	62
F (Regressão)	55,08**	45,5*	33,40*	112,2**
Parâmetros estatísticos	% de cobertura de Imagej		% de cobertura DroneDeploy	
	67 DAA	87 DAA	67 DAA	87 DAA
R ²	0,98	0,92	0,97	0,92
a	99,8251	98,2264	99,8496	99,1881
c	0,851	1,5969	0,7847	1,0801
b	167,066	308,438	116,9916	238,3072
DL50	167	308	117	238
F (Regressão)	64,00*	12,61ns	48,62*	11,81ns

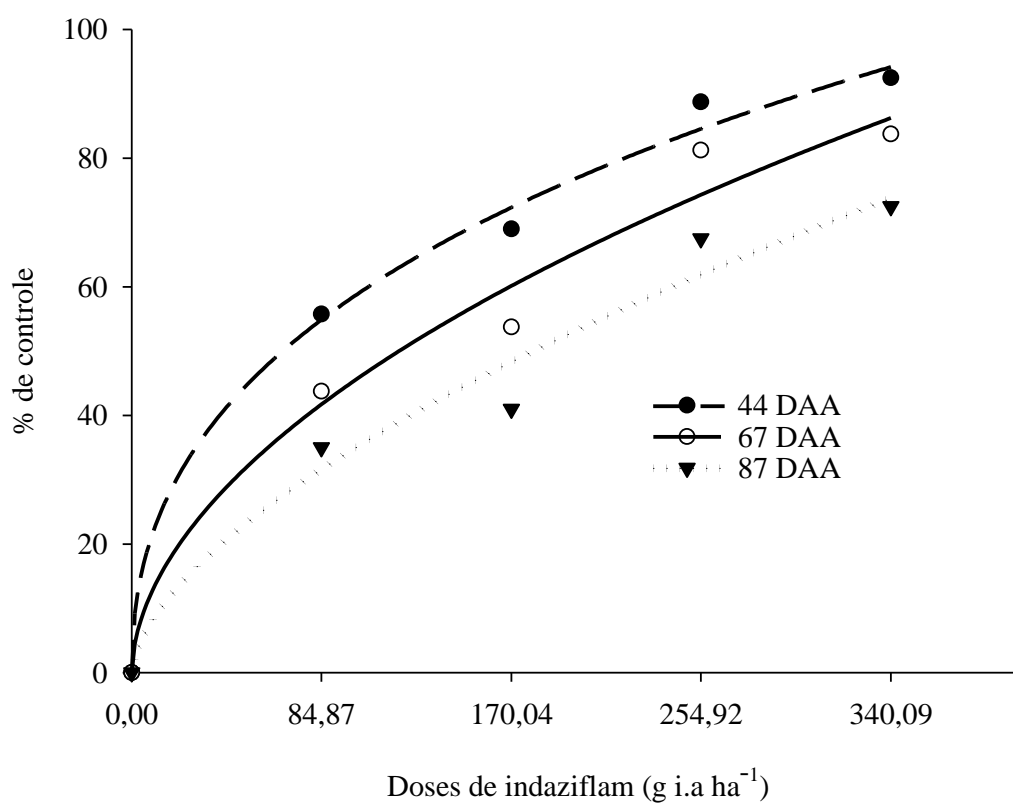


Figura 11. Curvas de dose-resposta para controle de *P. dichotomiflorum* aos 44, 67 e 87 dias após aplicação de indaziflam em pré-emergência (Belle Glade, 2017).

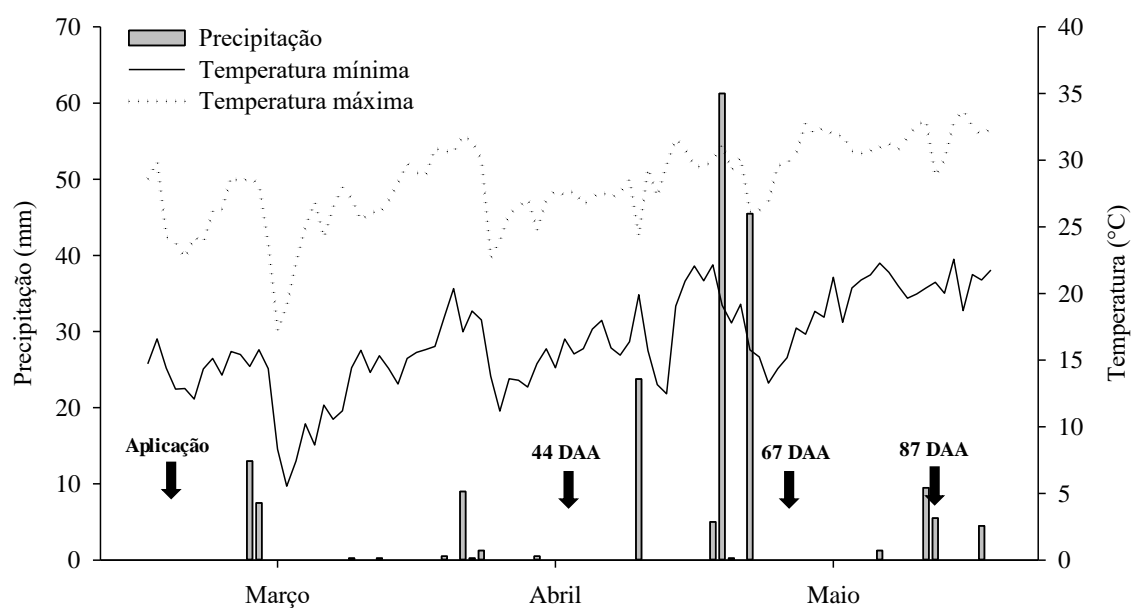


Figura 12. Condições climáticas durante a condução do experimento. (Belle Glade, 2017).

Os resultados referentes ao número de plantas obtiveram boa correlação com as porcentagens de controle observadas aos 67 DAA, sendo uma correlação negativa de 0,94, quando calculada a C_{50} para a variável número de plantas por parcela, indicando a dosagem necessária para reduzir 50% das plantas, de 60 g i.a ha⁻¹ (Figura 13).

O fato da C_{50} ter diferença entre controle e número de plantas aos 67 DAA, 120 e 60 g i.a ha⁻¹ para controle e número de plantas, respectivamente, é atribuído à agressividade das plantas de *P. dichotomiflorum* que, quando uma única planta não é controlada, ocasiona grande impacto na nota visual. Amim *et al.* (2014a) constataram que as melhores dosagens de indaziflam para suprimir a emergência de *P. maximum*, em solo argiloso e arenoso foi de 123,55 e 150,65 g i.a ha⁻¹, e estimaram a emergência em 12,3 e 9,2%, respectivamente.

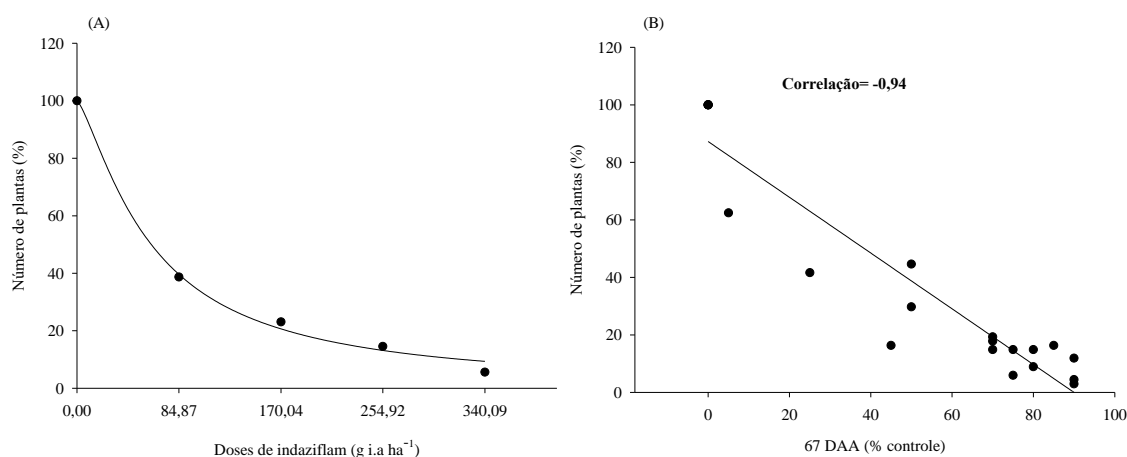


Figura 13. Porcentagem de plantas de *P. dichotomiflorum*, por parcela, em relação a testemunha (A) e correlação entre porcentagem de controle e porcentagem de número de plantas (B) aos 67 DAA (Belle Glade, 2017).

2.3.2 Índice de porcentagem de cobertura

As tecnologias relacionadas com sensoriamento remoto, baseado em veículos aéreos não tripulados (vants ou drones), vêm ganhando popularidade em várias aplicações, pela sua flexibilidade e seu baixo custo operacional. Por exemplo, os orthomosaicos das imagens aéreas podem ser utilizados para levantamento e monitoramento ambiental (Ahmad e Samad, 2010; Capolupo *et al.*, 2015), além da produção de imagens com função espectral (RGB), que mostraram a capacidade de utilização imagens aéreas para gerar modelos de elevação digital, permitindo o estudo

de estruturas geológicas e bacias hidrográficas (Ouedraogo *et al.*, 2014; Vasuki *et al.*, 2014).

Uma das aplicações mais importantes dos drones é seu uso na agricultura, com o avanço das práticas agrícolas de precisão a geração de produtos a partir de imagens aéreas das culturas. Assim os agricultores e técnicos tem uma ferramenta a mais na tomada de decisões específicas para resolução de problemas relacionados à sanidade da cultura naquele exato momento, como por exemplo, índice de vegetação, identificação de regiões específicas com infestação de plantas daninhas, deficiência hídrica e de nutrientes, severidade de pragas e doenças e demais problemas ocorridos na cultura (David e Ballado, 2016).

Os resultados referentes a análise de imagens aéreas utilizando os diferentes softwares ImageJ e DroneDeploy estão apresentados na Figura 14. Observou-se que a porcentagem de cobertura foi decrescente de acordo com o aumento das dosagens indaziflam. Aos 67 DAA ambos os softwares mostraram redução de massa próxima a 30% em relação a testemunha com pequena diferença entre os softwares (Figura 14 A). Aos 87 DAA, as reduções de cobertura seguiram a tendência da variável de porcentagem de controle observada, indicando perda de eficácia do indaziflam e maior porcentagem de cobertura do *P. dichotomiflorum* (Figura 16 B). Nas Figuras 14 C e D estão apresentados os resultados por software, porém nas diferentes épocas de avaliações, onde observou-se que as curvas acompanham o escape de controle, com menor porcentagem de cobertura observada na dosagem de 340,4 g i.a ha⁻¹, para ambas as avaliações e softwares. Foram calculadas as C₅₀, sendo elas de 167, 116, 297 e 227 g i.a ha⁻¹ para 67 DAA ImageJ; 67 DAA DroneDeploy; 87 DAA ImageJ e 87 DAA DroneDeploy, respectivamente. As C₅₀ calculadas pelo DroneDeploy foram mais próximas às calculadas a partir das notas de controle visual aos 67 e 87 DAA (Figura 14).

Uma das formas de avaliação de cobertura do solo é por meio de imagens aéreas, que podem ser processadas por inúmeros softwares como o DroneDeploy, Arcgis, Qgis e o SisCob que é um software desenvolvido pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) o qual utiliza técnicas de classificação e processamento de imagens geradas por drones para quantificar alterações e gerar mapas, a partir de padrões cores pré-definidas, como foi o caso do software ImageJ utilizado no presente trabalho (Jorge e Silva, 2009).

O método utilizado para quantificação da cobertura das imagens foi similar a proposta por Pacheco e Barros (2014), que consiste no estabelecimento de uma escala de matrizes de cores distintas que compõem uma rede neural artificial, auxiliando na análise da imagem. A partir do conhecimento do padrão de cores, anteriormente pré-definido, o software classifica as imagens que possibilita a quantificação de cada grupo selecionado, que no caso do software ImageJ foram classificados o solo e cobertura e os resultados expressos em porcentagem de área da imagem.

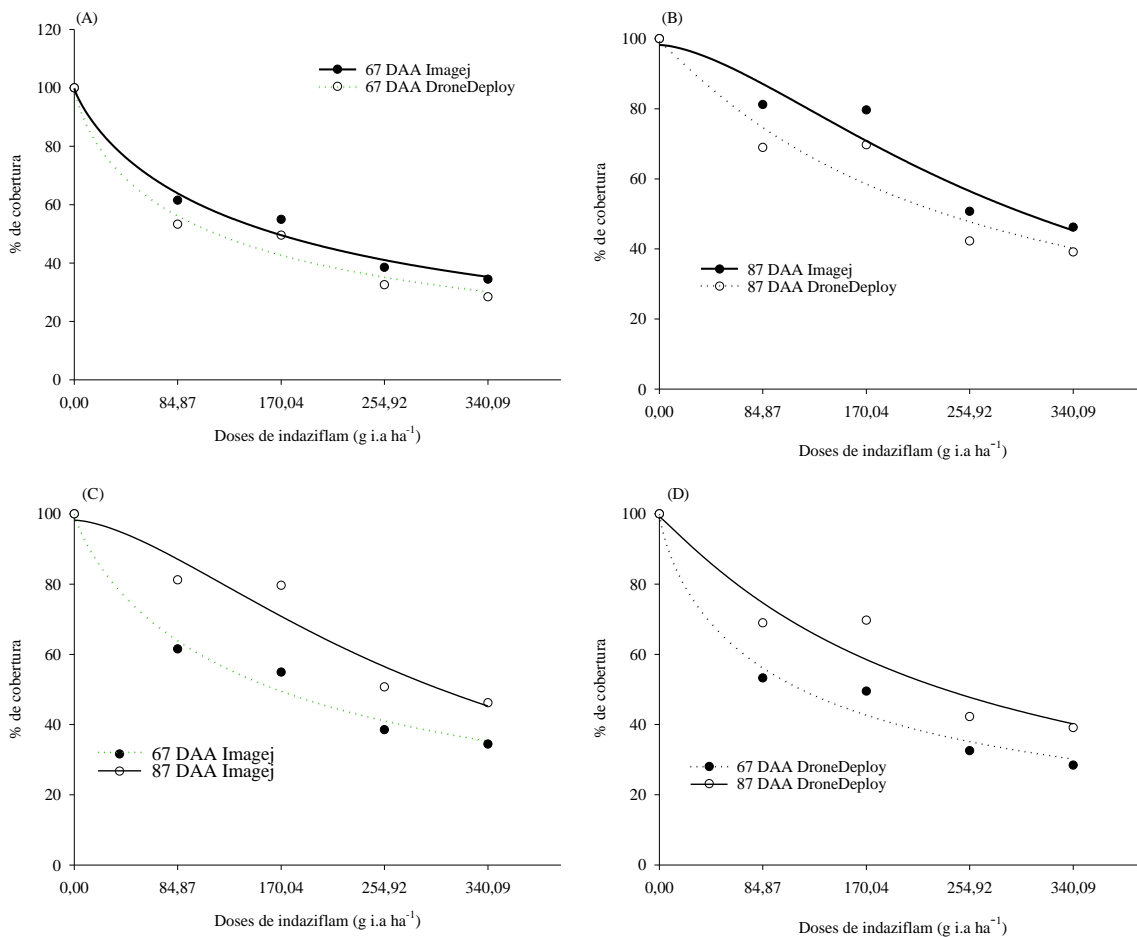


Figura 14. Porcentagem de cobertura vegetal obtidas a partir de imagens aéreas trabalhadas nos programas ImageJ e DroneDeploy aos 67 e 87 DAA em relação as doses de indaziflam (Belle Glade, 2017).

2.3.3 Correlações dos dados

Foi observado que, em ambos os softwares, se obteve resultados semelhantes e com correlação dos dados de 0,99 e 0,96, aos 67 e 87 DAA, respectivamente, o que

possibilita a análise de imagens de drones e obtenção dos dados referentes a cobertura vegetal a partir do ImageJ, que é um software livre, e sem custo, em alternativa ao DroneDeploy (Figura 15 A e B). Na Figura 15 C e D, está demonstrada a correlação de ambos os softwares com no número de plantas observado aos 67 DAA, que obteve a correlação de 0,89 e 0,88 para DroneDeploy e ImageJ, respectivamente.

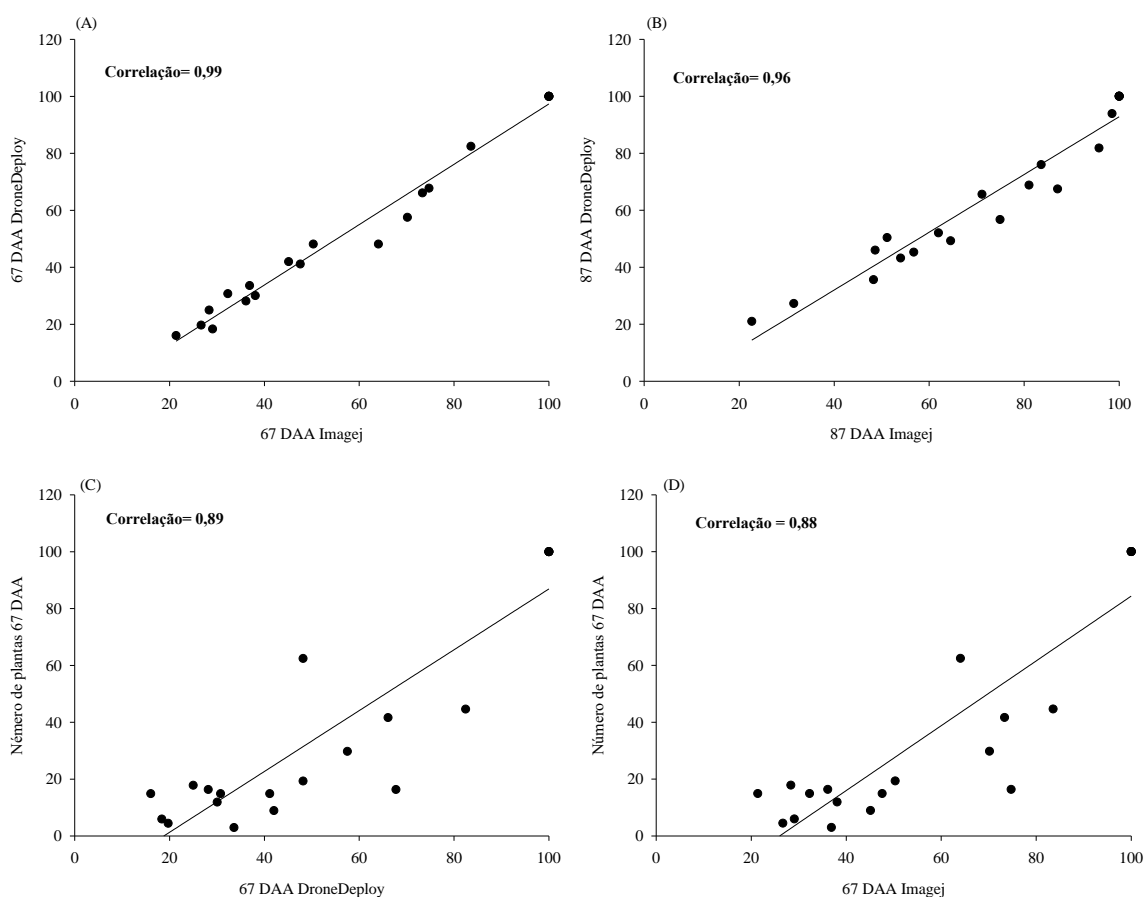


Figura 15. Correlação dos dados de softwares ImageJ x DroneDeploy aos 67 e 87 DAA (A e B) e porcentagem de número de plantas x softwares aos 67 DAA (C e D) (Belle Glade, 2017).

Verificou-se alta correlação com as porcentagens de cobertura vegetal calculada nos diferentes softwares e porcentagem de controle da espécie *P. dichotomiflorum*, observados aos 67 e 87 DAA. As correlações negativas foram de 0,90 e 0,86 aos 67 e 87 DAA para o software ImageJ e de 0,87 e 0,89 aos 67 e 87 DAA para o software DroneDeploy (Figura 16). Estas correlações são de suma importância para se comprovar a acurácia de ambos os softwares com notas atribuídas visualmente.

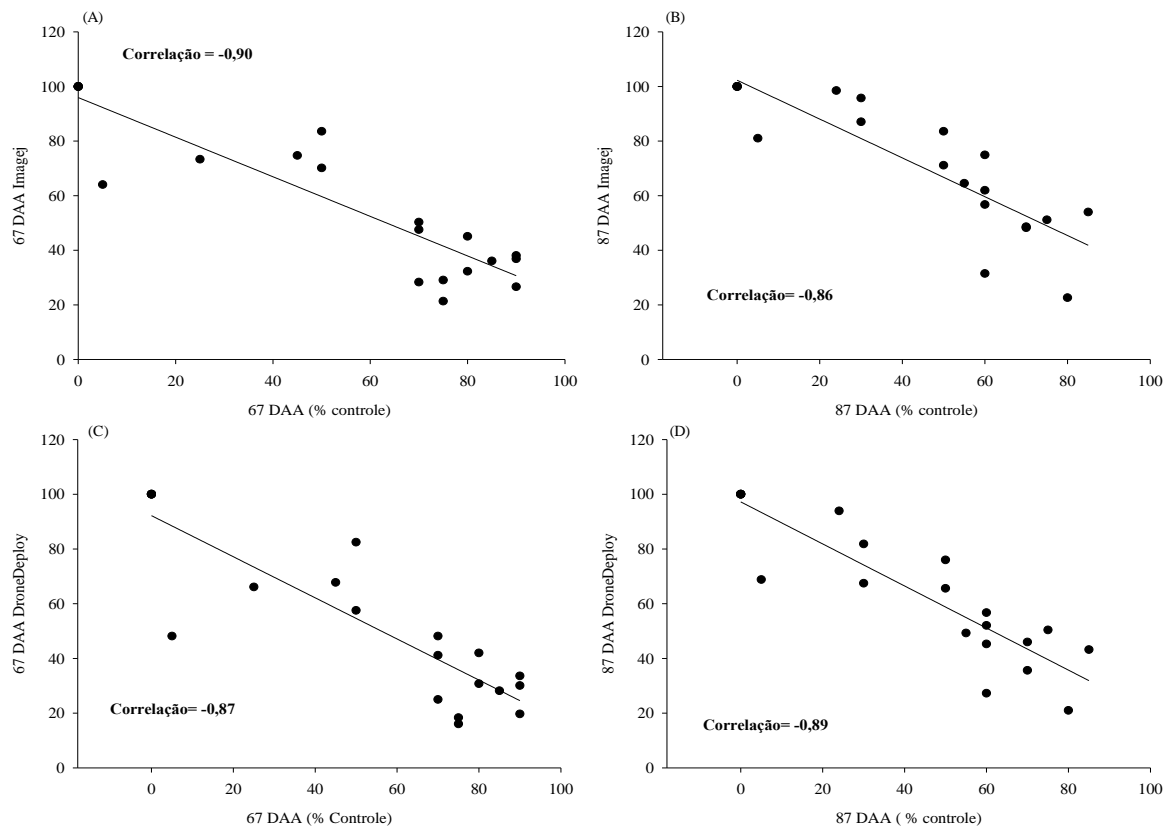


Figura 16. Correlação dos dados obtidos nos diferentes softwares DroneDeploy (C e D) e ImageJ (A e B) e % de controle de *P. dichotomiflorum* aos 67 e 87 DAA (Belle Glade, 2017).

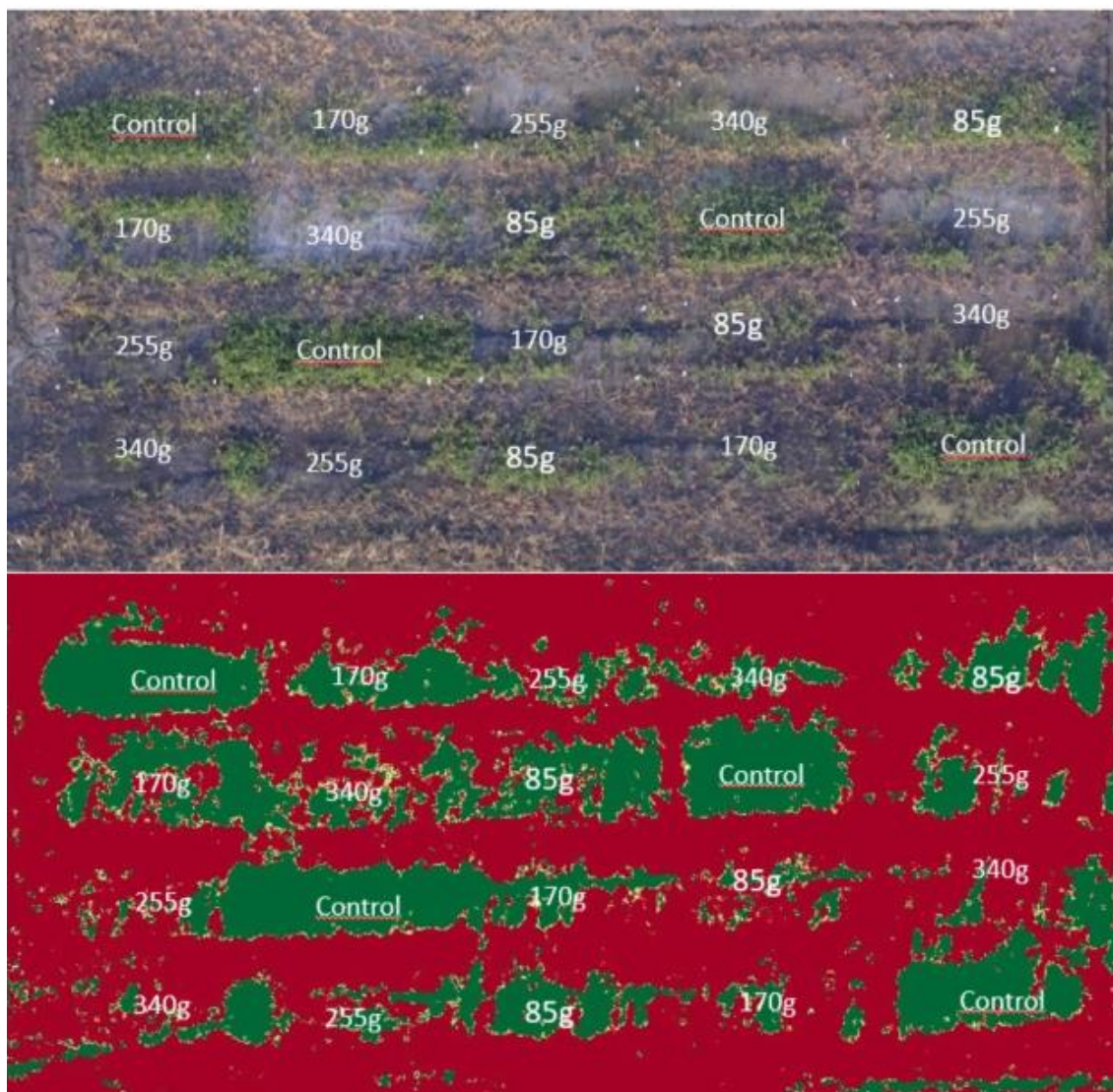


Figura 17. Imagens aéreas e as respectivas dosagens de indaziflam utilizadas aos 67DAA (Belle Glade, 2017).



Figura 18. Imagens aéreas e as respectivas dosagens de indaziflam utilizadas aos 87DAA (Belle Glade, 2017).

2.4 Conclusão

O indaziflam obteve um controle sobre a espécie *P. dichotomiflorum*, acima de 80% até os 67 DAA na dosagem de 304,09 g i.a ha⁻¹.

As porcentagens de cobertura obtidas a partir de imagens aéreas se mostrou como mais uma ferramenta para auxílio em trabalhos de eficácia de controle de herbicidas com parâmetros de cobertura semelhantes às notas observadas nas diferentes dosagens de indaziflam utilizadas,

As imagens geradas a partir de drone, e trabalhadas com o software gratuito ImageJ, apresentaram-se como uma ferramenta de precisão em alternativa ao DroneDeploy para avaliação de porcentagem de cobertura e correlação com o controle de plantas daninha e densidade de infestação.

Referências

ADAMSEN, F. et al. Measuring wheat senescence with a digital camera. **Crop Science**, v. 39, n. 3, p. 719-724, 1999.

AHMAD, A.; SAMAD, A. M. Aerial mapping using high resolution digital camera and unmanned aerial vehicle for Geographical Information System. Signal Processing and Its Applications (CSPA), 2010 6th International Colloquium on, 2010, IEEE. p.1-6.

ALISTER, C. A.; ARAYA, M. A.; KOGAN, M. Adsorption and desorption variability of four herbicides used in paddy rice production. **Journal of Environmental Science and Health Part B**, v. 46, n. 1, p. 62-68, 2010.

ALONSO, D. G. et al. Sorption–desorption of indaziflam in selected agricultural soils. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 59, n. 24, p. 13096-13101, 2011.

ALONSO, D. G. et al. Changes in sorption of indaziflam and three transformation products in soil with aging. **Geoderma**, v. 239, p. 250-256, 2015.

AMIM, R. et al. Weed control with indaziflam in soils with different physico-chemical attributes. **Planta Daninha**, v. 32, n. 4, p. 791-800, 2014.

BAKER, B.; OLSZYK, D. M.; TINGEY, D. Digital image analysis to estimate leaf area. **Journal of Plant Physiology**, v. 148, n. 5, p. 530-535, 1996.

BALLESTEROS, R. et al. Applications of georeferenced high-resolution images obtained with unmanned aerial vehicles. Part I: Description of image acquisition and processing. **Precision Agriculture**, v. 15, n. 6, p. 579-592, 2014.

BROSNAN, J. T.; BREEDEN, G. K. Application placement affects postemergence smooth crabgrass (*Digitaria ischaemum*) and annual bluegrass (*Poa annua*) control with indaziflam. **Weed technology**, v. 26, n. 4, p. 661-665, 2012.

BROSNAN, J. T. et al. PRE and POST control of annual bluegrass (*Poa annua*) with indaziflam. **Weed Technology**, v. 26, n. 1, p. 48-53, 2012.

CAMPILLO, C. et al. Using digital images to characterize canopy coverage and light interception in a processing tomato crop. **Hortscience**, v. 43, n. 6, p. 1780-1786, 2008.
I

CAPOLUPO, A. et al. Photogrammetry for environmental monitoring: The use of drones and hydrological models for detection of soil contaminated by copper. **Science of the Total Environment**, v. 514, p. 298-306, 2015.

CASADESÚS, J. et al. Using vegetation indices derived from conventional digital cameras as selection criteria for wheat breeding in water-limited environments. **Annals of applied biology**, v. 150, n. 2, p. 227-236, 2007.

CÓRCOLES, J. I. et al. Estimation of leaf area index in onion (*Allium cepa* L.) using an unmanned aerial vehicle. **Biosystems engineering**, v. 115, n. 1, p. 31-42, 2013.

CURRAN, W. S. Persistence of herbicides in soil. **Crops and Soils**, v. 49, n. 5, p. 16-21, 2016.

DAVID, L. C. G.; BALLADO, A. H. Vegetation indices and textures in object-based weed detection from UAV imagery. Control System, Computing and Engineering (ICCSCE), 2016 6th IEEE International Conference on, 2016, IEEE. p.273-278.

FREITAS, M. et al. Sorção do sulfentrazone em diferentes tipos de solo determinada por bioensaios. 2014.

GAZZIERO, D. **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Sociedade Brasileira da Ciência de Plantas Daninhas, 1995.

HERWITZ, S. et al. Imaging from an unmanned aerial vehicle: agricultural surveillance and decision support. **Computers and electronics in agriculture**, v. 44, n. 1, p. 49-61, 2004.

IDE, R.; OGUMA, H. Use of digital cameras for phenological observations. **Ecological Informatics**, v. 5, n. 5, p. 339-347, 2010.

INOUE, M. et al. Potencial de lixiviação de herbicidas utilizados na cultura do algodão em colunas de solo. **Planta Daninha**, p. 825-833, 2010.

JEFFRIES, M. D.; GANNON, T. W.; OU, L. Effect of indaziflam applications on 'Tifway 419' bermudagrass growth. **Agronomy Journal**, v. 108, n. 3, p. 950-956, 2016.

JHALA, A. J.; RAMIREZ, A. H.; SINGH, M. Leaching of indaziflam applied at two rates under different rainfall situations in Florida Candler soil. **Bulletin of environmental contamination and toxicology**, v. 88, n. 3, p. 326-332, 2012.

JHALA, A. J.; SINGH, M. Leaching of indaziflam compared with residual herbicides commonly used in Florida citrus. **Weed technology**, v. 26, n. 3, p. 602-607, 2012.

JORGE, L. D. C.; INAMASU, R. Y. Uso de veículos aéreos não tripulados (VANT) em agricultura de precisão. **Embrapa Instrumentação-Capítulo em livro científico (ALICE)**, 2014.

JORGE, L. D. C.; SILVA, D. D. C. SisCob: manual de utilização. **Embrapa Instrumentação-Livro científico (ALICE)**, 2009.

KAWAMOTO, K.; URANO, K. Parameters for predicting fate of organochlorine pesticides in the environment (I) octanol-water and air-water partition coefficients. **Chemosphere**, v. 18, n. 9-10, p. 1987-1996, 1989.

LATI, R. N.; FILIN, S.; EIZENBERG, H. Robust methods for measurement of leaf-cover area and biomass from image data. **Weed science**, v. 59, n. 2, p. 276-284, 2011..

LUKINA, E.; STONE, M.; RAUN, W. Estimating vegetation coverage in wheat using digital images. **Journal of Plant Nutrition**, v. 22, n. 2, p. 341-350, 1999.

ODERO, D. C.; DUSKY, J. A. Weed Management in Sugarcane. **IFAS Extention "University of Florida"**, p. 1-8, 2014.

ODERO, D. C.; SHANER, D. L. Dissipation of pendimethalin in organic soils in Florida. **Weed technology**, v. 28, n. 1, p. 82-88, 2014.

OUÉDRAOGO, M. M. et al. The evaluation of unmanned aerial system-based photogrammetry and terrestrial laser scanning to generate DEMs of agricultural watersheds. **Geomorphology**, v. 214, p. 339-355, 2014.

PACHECO, E.; BARROS, I. D. Uso de imagens aéreas para avaliação da cobertura do solo em sistemas de produção de grãos no estado de Sergipe. Embrapa Tabuleiros Costeiros-Artigo em anais de congresso (ALICE), 2014, In: SIMPÓSIO NACIONAL DE INSTRUMENTAÇÃO AGROPECUÁRIA; CIÊNCIA, INOVAÇÃO E MERCADO, 2014, São Carlos, SP. Siagro:[anais..]. São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação, 2014. 165-168 p.

PEREZ, A. et al. Colour and shape analysis techniques for weed detection in cereal fields. **Computers and electronics in agriculture**, v. 25, n. 3, p. 197-212, 2000.

PERRY, D. et al. Indaziflam utilization for controlling problematic turfgrass weeds. **Applied Turfgrass Science**, v. 8, n. 1, p. 0-0, 2011.

ROCHA, P. et al. Sorção e dessorção do diuron em quatro latossolos brasileiros. **Planta Daninha**, v. 31, n. 1, p. 231-238, 2013.

SAKAMOTO, T. et al. An alternative method using digital cameras for continuous monitoring of crop status. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 154, p. 113-126, 2012.

SEEFELDT, S. S.; JENSEN, J. E.; FUERST, E. P. Log-logistic analysis of herbicide dosagem-response relationships. **Weed technology**, v. 9, n. 2, p. 218-227, 1995.

SILVA, M.; LEMOS, O. Análise de falhas no plantio de café por meio de ortomosaico produzido com aeronave remotamente pilotada. 2017.

STREIBIG, J. Herbicide bioassay. **Weed Research**, v. 28, n. 6, p. 479-484, 1988.

TOMPKINS, J. Environmental Protection Agency Pesticide Fact Sheet: Indaziflam. **Environmental Protection Agency**, 2010.

VASUKI, Y. et al. Semi-automatic mapping of geological Structures using UAV-based photogrammetric data: An image analysis approach. **Computers & Geosciences**, v. 69, p. 22-32, 2014.

VIVIAN, R. et al. Atividade microbiana e produção de milho (*Zea mays*) e de *Brachiaria brizantha* sob diferentes métodos de controle de plantas daninhas. 2007.

ZHAO, D.; GLAZ, B.; COMSTOCK, J. C. Sugarcane response to water-deficit stress during early growth on organic and sand soils. **American Journal of Agricultural and Biological Sciences**, v. 5, n. 3, p. 403-414, 2010.

CAPÍTULO 3- EFEITO DAS PROFUNDIDADES DE LENÇOL FREÁTICO E DA COMPETIÇÃO DE *Panicum dichotomiflorum* NO DESENVOLVIMENTO INICIAL DA CANA-DE-AÇÚCAR

Resumo

O estado da Florida/ EUA em algumas épocas do ano sofre com a variação das profundidades de lençol freático (PLF) ocasionadas pelo alto índice de precipitações, assim dificultando o desenvolvimento da cana-de-açúcar e o controle das plantas daninhas. Paralelo a isso, pode ocorrer a competição com *Panicum dichotomiflorum* e o estresse ocasionado pela inundação. Sendo assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar submetido a diferentes profundidades de lençol freático (PLF), com e sem a competição de *P. dichotomiflorum*. Para a realização do trabalho foi utilizada a variedade de cana-de-açúcar CP96-1252, com e sem a competição de *P. dichotomiflorum*, em três diferentes profundidades de lençol freático (PLF), sendo elas: 0 (inundado), 16 e 40 cm de PLF em duas texturas de solo (orgânico e mineral). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 3 (profundidades) x 2 (com e sem competição) com quatro repetições, sendo cada textura de solo um experimento. As avaliações realizadas foram fluorescência da clorofila (FV/FM), índice SPAD, altura de plantas, e índice de área foliar (IAF) aos 7, 23, 37, 48 e 67 dias após o início dos tratamentos (DAT). Aos 67 DAT foram avaliados os teores de clorofila *a*, *b* e carotenoides, número de perfilhos, massa de matéria seca de colmos e folhas de cana-de-açúcar e do *P. dichotomiflorum*. A competição com *P. dichotomiflorum* afetou o desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar em todos os parâmetros avaliados, em ambas as texturas de solo, sendo mais crítica em solo mineral. No solo mineral, de forma geral, o melhor desenvolvimento da cana-de-açúcar foi em 16 cm de PLF. Para o solo orgânico, o melhor desenvolvimento da cana-de-açúcar foi dado nas PLFs 16 e 40 cm.

Palavras-chave: Inundação. Interferência de plantas daninhas. Estresse hídrico.

CHAPTER 3 - EFFECT OF DIFFERENTS WATER TABLE AND COMPETITION OF *Panicum dicotomiflorum* IN EARLY DEVELOPMENT THE OF SUGARCANE

Abstract

The state of Florida / USA at sometimes of the year suffers from the variation in water table depths (PLF) caused by the high precipitation index, thus hindering the development of sugarcane and weed control. Parallel to this, the competition with *Panicum dichotomiflorum* and the stress caused by the flood may occur. Therefore, the present work had as objective to evaluate the initial development of sugar cane submitted to different water table depths (PLF), with and without the competition of *P. dichotomiflorum*. In order to carry out the work, the sugarcane variedade CP96-1252, with and without the competition of *P. dichotomiflorum*, was used in three different depths of groundwater (PLF), being 0 (flooded), 16 and 40 cm of PLF in two soil textures (organic and mineral). The experimental design was completely randomized in factorial scheme 3 (depths) x 2 (with and without competition) with four replications, with each soil texture being an experiment. The evaluations were: chlorophyll (FV / FM), SPAD index, plant height, and leaf area index (LAI) at 7, 23, 37, 48 and 67 days after the start of treatments (DAT). At 67 DAT, the levels of chlorophyll a, b and carotenoids, number of tillers, dry mass of stems and leaves of sugarcane and *P. dichotomiflorum* were evaluated. The competition with *P. dichotomiflorum* affected the initial development of sugarcane in all evaluated parameters, in both soil textures, being more critical in mineral soil. In the mineral soil, in general, the best development of sugarcane was in 16 cm of PLF. For the organic soil, the best development of sugarcane was given in PLFs 16 and 40 cm.

Key-words: Flood, Weed interference, Water stress.

3.1 Introdução

A cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) é uma importante cultura para o estado da Flórida/EUA, sendo cultivada em aproximadamente 172 mil ha⁻¹ (Usda, 2017). A produção de cana-de-açúcar está localizada principalmente no sul da Flórida, em torno do lago Okeechobee, em uma região agrícola conhecida como Everglades Agriculture Areas (EAA), predominantemente com solos orgânicos de pântano. Aproximadamente 78% da cultura é cultivada em solos orgânicos ou “muck soils (Histosols)” da EAA, e o restante, 22%, em solos minerais “sand soils” (Vanweelden *et al.*, 2016). Na Flórida, os canaviais proporcionam de 3 a 5 cortes, sendo 34% de cana planta e 66% de cana soca (Vanweelden *et al.*, 2016).

O *Panicum* (*Panicum dichotomiflorum* Michx.), pertencente a a família Poaceae e nativo do leste dos Estados Unidos da América e das Índias Ocidentais (Bryson e Defelice, 2009), é uma das plantas daninhas mais problemáticas em áreas de cultivo de cana-de-açúcar na Flórida (Odero e Shaner, 2014). Atualmente, o *P.dichotomiflorum* está amplamente distribuído na maior parte dos Estados Unidos, com exceção de Wyoming e Dakota do Norte (Usda, 2017). *P.dichotomiflorum* é uma planta com alta capacidade de produção de sementes, podendo uma única planta produzir de 10 a 100 mil sementes, dependendo do tamanho da planta (Cavers, 1995; Fausey e Renner, 1997).

A germinação ótima do *P.dichotomiflorum* no campo ocorre em profundidades de 1,0 a 2,5 cm, embora possa ocorrer algum surgimento a até 7,5 cm (Brecke e Duke, 1980; Fausey e Renner, 1997). No sul da Flórida, a germinação do *P.dichotomiflorum* pode ocorrer durante todo o ano devido ao clima subtropical. No entanto, sua maior germinação é observada entre os meses de setembro e maio, que coincide com o plantio, a colheita e o desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar (Fernandez, 2017).

O período crítico de controle de *P.dichotomiflorum* na cana-de-açúcar varia entre 45 a 60 dias após a emergência, e sua interferência pode resultar em redução de rendimento de até 60% no teor de sacarose (Odero *et al.*, 2016). Os efeitos de interferência de outras plantas daninhas na cana-de-açúcar também mostraram reduções de rendimento significativas.

A competição especificamente para a interferência relativa à competição de *P.dichotomiflorum* foram observadas reduções na produtividade e teor de sacarose em

cana-de-açúcar, quando não controlado antes dos 10 dias. As perdas de rendimento quando em competição por todo o ciclo foram de 52, 60, 34 e 47% no número de colmos; 55, 62, 34 e 54% na produção; 60, 60, 44 e 52% em sacarose para as variedades CP 88-1762, CP 89-2143, CP 00-1101 e CP 80-1743, respectivamente, sendo variáveis de acordo com a variedade estudada, pois cada uma tem um período crítico de interferência diferenciado (Odero *et al.*, 2016).

Everglades Agriculture Areas (EAA) é uma região pantanosa com relevo plano e altas precipitações, principalmente no verão, que foi drenada para abrir caminho para o desenvolvimento da agricultura, desta forma, sendo propensa a inundações periódicas, o que limita o desenvolvimento da cana-de-açúcar e o controle de plantas daninhas. Para um bom desenvolvimento neste ambiente, faz-se necessário o cultivo de espécies que toleram inundação, pois estas inundações são comuns devido ao grande volume de chuvas e restrições no bombeamento da água para fora das áreas de cultivo (Janardhanan e Daroub, 2010).

Existem três profundidades de manejo do lençol freático que são comumente consideradas na região EAA. A de maior profundidade comercialmente desejada, que é conseguida mantendo a profundidade constante de 40 cm a partir da superfície do solo (Andreis, 1976). Entretanto, muitas vezes após precipitações, os lençóis freáticos se elevam até 16 cm da superfície do solo e são mantidas por um período de tempo até ser drenada pelos canais de escoação (Glaz *et al.*, 2002). Além disso, em áreas onde o solo se sedimentou, e diminuiu cerca de 16 cm da superfície, os agricultores são incapazes de ter uma camada freática mais baixa nessas regiões (Figura 29 anexo).

Desta forma, surge a terceira condição, que foi reportada pelo Distrito de Gerenciamento da Água do Sul da Flórida, que consiste em permitir que as águas pluviais se estabeleçam antes da drenagem, nesta condição, há inundações periódicas acima dos 16 cm de profundidade caracterizando a inundação. Esta condição é típica das estações sazonais da Florida (Jennewein, 2013). Em suma 40 cm representa a mais profunda lâmina de água, 16 cm médio nível da lâmina e 0 cm inundação (Figura 30 anexo).

Alguns autores têm observado que a cana-de-açúcar tem a capacidade de tolerar inundações. No entanto, essa capacidade é relativa ao tempo de duração da inundação e capacidade das variedades em desenvolver aerênquimas sob altas do lençol freático (Glaz e Morris, 2010). Gilbert *et al.* (2008) observaram interações

significativas da profundidade do lençol freático (PLF) e do desenvolvimento morfológico do aerênquima de diferentes variedades de cana-de-açúcar. As inundações periódicas de curta duração podem ser benéficas para a cana-de-açúcar, porém as de longo prazo ainda não estão elucidadas pela literatura (Glaz *et al.*, 2004; Gilbert *et al.*, 2007; Gilbert *et al.*, 2008). As PLF mais baixas alteraram a morfologia da raiz da cana-de-açúcar, estimulando raízes para estreitar, alongar e aumentar a massa (Morris e Tai, 2004).

Em um estudo que comparou diretamente a tolerância às inundações espécies cana-de-açúcar e energia, as variedades de cana-de-açúcar da Louisiana foram menos tolerantes às inundações do que a cana energia (Viator *et al.*, 2012).

Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar submetido a diferentes profundidades de lençol freático (PLF), com e sem a competição de *P. dichotomiflorum* em solos orgânico e mineral.

3.2 Material e Métodos

3.2.1 Local e condições experimentais

Dois experimentos foram desenvolvidos em condições de casa de vegetação (temperatura média de 33/24°C dia/noite, sem iluminação suplementar) no Everglades Research and Education Center (EREC), em Belle Glade, FL, EUA (26°40'02,6" N, 80°38'03,7" O) entre os meses de março e maio de 2017.

Para a realização dos trabalhos foi utilizada a variedade de cana-de-açúcar CP96-1252, com e sem a competição de *Panicum dichotomiflorum* Michx., em três diferentes profundidades de lençol freático (PLF), sendo elas; 0 cm (inundado), 16 e 40 cm de profundidade em relação a superfície do solo, sendo cada experimento em uma textura de solo, orgânico (Dania muck) e mineral (Holopaw "areia fina"). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 3 (profundidades) x 2 (com e sem competição), com quatro repetições.

Para condução dos experimentos, foram utilizados vasos de polietileno preenchidos com 20 litros de solo de textura orgânica (pH de 7,3 e 75% de matéria orgânica) coletado em área experimental no EREC e mineral (pH de 7,5 e 1,6 % de matéria orgânica), coletado em área comercial próximo Loxahatchee, FL. Para simulação da PLF os vasos foram equipados com lisímetros (Figura 21). Ambos os solos foram secos em estufa de circulação forçada de ar e peneirados em uma

peneira de 4,75 mm antes de serem utilizados nos experimentos, para garantir uniformidade.

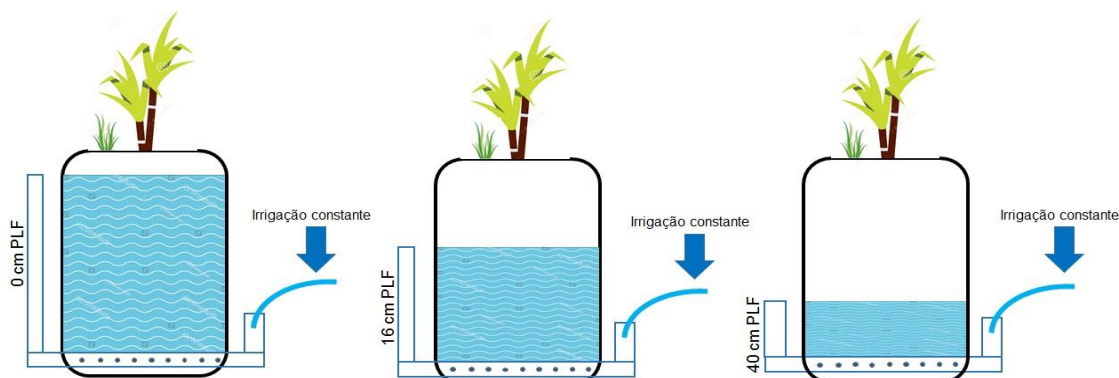


Figura 19. Esquema de lisímetros utilizado para as diferentes profundidades de lençol freático (PLF) 0, 16 e 40 cm (Belle Glade, 2017).

As gemas da cana-de-açúcar e sementes de *P. dichotomiflorum* foram colhidas no EREC e plantadas em bandejas, contendo substrato, posteriormente colocados em casa-de-vegetação e irrigadas conforme necessário. Tanto a cana-de-açúcar (uma gema por vaso) e *P. dichotomiflorum* (3 plantas por vaso) foram transplantados para os vasos aos sete dias após a emergência. A densidade do *P. dichotomiflorum* foi baseada em um nível típico de infestação em um campo comercial de cana-de-açúcar (Odero., 2017 dados não publicados). Os vasos foram fertilizados com N-P-K e micronutrientes com base nos resultados das análises de solo e nas recomendações para a cana-de-açúcar no EAA. Após o transplante, os vasos foram irrigados por superfície durante duas semanas para estabilização e, então deu-se o início dos tratamentos com diferentes profundidades de lençol freático.

3.2.3 Características avaliadas

As avaliações realizadas foram fluorescência máxima da clorofila (FV/FM), índice SPAD, altura de plantas até a primeira folha com lígula aparente (TVD “Top Visible Dewlap”) e índice de área foliar (IAF), aos 7, 23, 37, 48 e 67 dias após o início dos tratamentos (DAT). Aos 67 DAT foram avaliados o teor de clorofila *a*, *b* e carotenoides; número de perfilhos; e massa de matéria seca de colmos e folhas da cana-de-açúcar e do *P.dichotomiflorum*.

Para as avaliações de máxima eficiência quântica do FSII (FV/FM) foi mensurada utilizando um fluorômetro modulado (Fluorômetro modulado YII, Opti-Sciences Inc., Hudson, NH) entre 10:00 h e 14:00 h. O índice relativo de clorofila

foliar foi estimado utilizando um medidor de clorofila SPAD (SPAD-502 Plus, Konica Minolta, Tóquio, Japão). Para Índice de área foliar (IAF), foi utilizado um medidor de área foliar portátil (LI-3000C, LI-COR, Lincoln, NE).

Para determinações do conteúdo de clorofila (*a* e *b*) e carotenoides, foram coletados discos das unidades experimentais aos 67 DAT e posteriormente pesados 0,2 g⁻¹ do tecido e acondicionados em tubos de ensaio de 5 ml, contendo 4 ml de dimethyl-sulphoxide, mantidos em banho-maria a 65° por duas horas, posteriormente foi coletado o sobrenadante para a então leitura em espectrofotômetro, nos comprimentos de onda de 649 e 665 nm para clorofilas *a* e *b*, e 480 nm para carotenoides, respectivamente.

As determinações dos níveis de clorofila (mg g⁻¹) basearam-se nas equações relacionadas a seguir, segundo Lichtenthaler (1987): Clorofila *a* = (12,19 x A665 – 2,69 x A649); Clorofila *b* = (21,99 x A649 – 5,32 x A665); Carotenoides = (1000 x A480 – 2,14 x Clorofila *a* – 70,16 x Clorofila *b*) / 220; Onde, A é a absorbância no comprimento de onda indicado.

Aos 67 DAT as partes aéreas das plantas foram coletadas e secas em estufa com circulação forçada de ar a 60°C até peso constante, para então pesagem e obtenção da massa de matéria seca.

Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($p > 0,05$) e médias comparadas por teste t-LSD a 5% de probabilidade no software estatístico Sigmaplot 12.5.

3.3 Resultados e Discussão

3.3.1 Máxima eficiência quântica do FSII (FV/FM))

Nos gráficos apresentados a seguir estão apresentados os resultados do presente trabalho o qual se utilizou do mecanismo de lisímetros que, segundo Glaz e Morris (2010); Glaz e Lingle (2012), são ideais para se estudar a influência da profundidade de lençol freático no desenvolvimento de culturas e, o segundo fator que é a competição de *P.dichotomiflorum* com a cana-de-açúcar, em seu desenvolvimento inicial.

Para o experimento conduzido no solo mineral não houve diferença significativa para as avaliações de FV/FM nas diferentes épocas avaliadas (Figura 20 A). Já para o experimento conduzido em solo orgânico, se observou diferenças na fluorescência do fotossistema aos 23 DAT, sendo que nas demais avaliações as

leituras estabilizaram-se (figura 20 B). Neste caso, a diferença de FV/FM aos 23 DAT, foi relativa às diferentes PLF, onde os tratamentos com 0 cm PLF, com a presença de *P. dichotomiflorum*, foi observado maior atividade do FSII, 0,750, e aos 40 cm PFL, na ausência de *P. dichotomiflorum*, foi o menor índice verificado. Este comportamento pode ser atribuído pelo fato de adaptação da planta recém transplantada aos vasos e seus respectivos tratamentos de PLF, que limitam a absorção de água pelo sistema radicular das plantas.

Outro fator que pode corroborar para este resultado é que, na avaliação de 23 DAT, houve o início de épocas mais quentes com temperaturas e radiações solares externas mais atenuadas como pode ser observado na Figura 21. Outra hipótese para explicar esse comportamento, seria o fator da diferença do caminhamento da água por capilaridade, que pelo fato do solo orgânico ter uma maior concentração de MO e uma porosidade desfavorável, e mais lenta ao caminhamento ascendente da água em comparação com o solo mineral.

Gonçalves *et al.* (2010) observaram redução na relação FV/FM sempre que o estresse hídrico foi prolongado e que, de maneira geral, a redução da água disponível no solo influencia a eficiência fotoquímica potencial do fotossistema II (FSII). No entanto, Heuer (2005) acredita que as alterações na relação FV/FM geralmente são percebidas quando o estresse é muito severo ou em estresse de média e longa duração.

Mesmo com o aumento da temperatura e radiação solar (Figura 21) nas demais avaliações não se encontraram diferenças significativas aos 37, 48 e 67 DAT, este resultado pode ser dado ao fato de que as plantas já se encontravam adaptadas aos tratamentos que a elas atribuídos e, com sistema radicular mais profundo, assim encontrando mais facilmente as lâminas de água mais profundas.

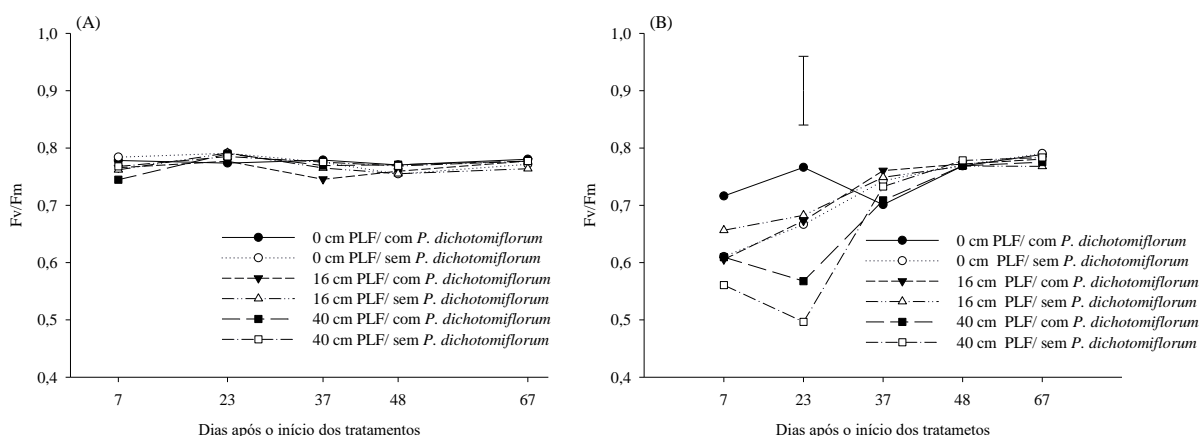


Figura 20. Fluorescência máxima do fotossistema II (FV/FM) aos 7, 23, 37, 48 e 67 DAT, para solo mineral (A) e solo orgânico (B). As barras de erro expressam a DMS dos tratamentos pelo teste de t-LSD 5% dentro de cada dia de avaliação. (Belle Glade, 2017).

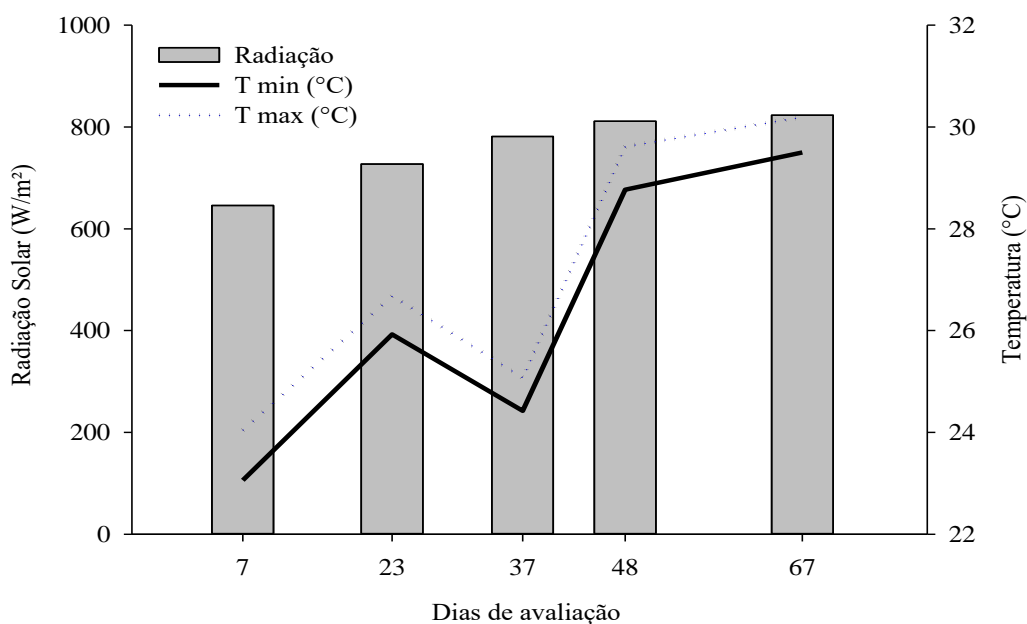


Figura 21. Valores de radiação solar (W/m²) e temperaturas máximas e mínimas (°C) realizadas entre as 10 e 14 horas nos diferentes dias de avaliação. (Belle Glade, 2017).

3.3.2 Índice SPAD

Observou-se para a variável de Índice SPAD, diferença significativa somente no solo mineral em todas as épocas (Figura 22 A). Os resultados indicam que as diferenças ocorreram principalmente pela presença ou ausência do *P.*

dichotomiflorum e independentemente da PLF, a competição se mostrou mais agressiva a esse parâmetro de avaliação.

Para o solo orgânico (Figura 22 B), não foi observada diferença significativa entre os tratamentos e fatores, em nenhuma das épocas de avaliação. Resultados diferentes foram relatados por Zhao et al. (2010), os quais observaram redução do índice SPAD quando o aplicado diferentes tratamentos de PLF no manejo da cana-de-açúcar.

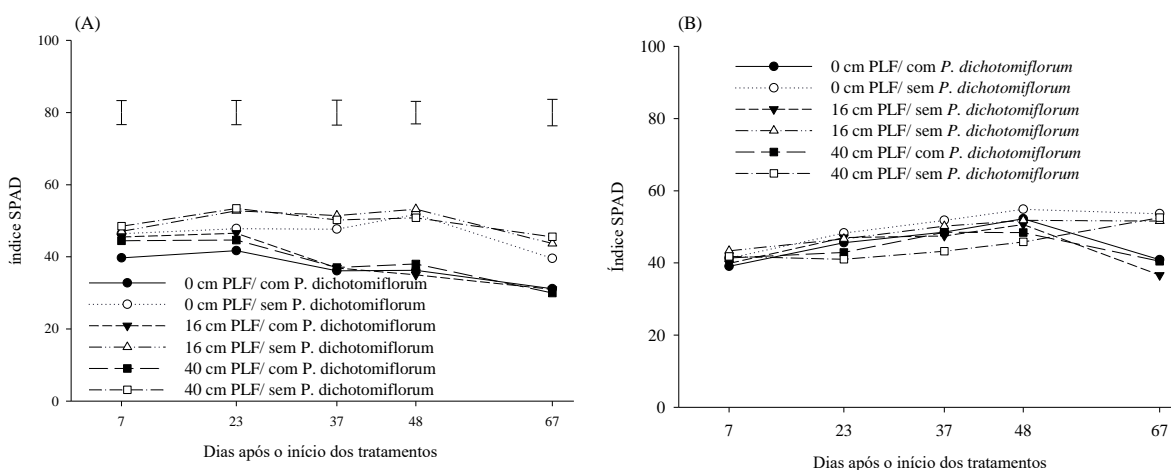


Figura 22. Índice SPAD aos 7, 23, 37, 48 e 67 DAT, para solo mineral (A) e solo orgânico (B). As barras de erro expressam a DMS dos tratamentos pelo teste de t-LSD 5% dentro de cada dia de avaliação. (Belle Glade, 2017).

3.3.3 Altura de plantas

Para altura de plantas, observou-se diferença significativa em ambos os solos, no solo mineral (Figura 23 A), a diferença ocorreu aos 48 e 67 DAT no fator de competição pelo *P. dichotomiflorum*. Aos 67 DAT, as plantas apresentavam aproximadamente 50 cm de altura na ausência de *P. dichotomiflorum* e, na melhor condição com a presença de *P. dichotomiflorum*, próximo a 30 cm (Figura 23 B).

No solo orgânico, foi observado diferença significativa aos 67 DAT, em ambos os fatores, destacando-se, alturas próximas a 45 cm os tratamentos 0 e 16 cm de PLF e ausência de *P. dichotomiflorum*. Os demais tratamentos sem mostraram semelhantes, com médias próximas a 30 cm, aos 67 DAT. A competição com *P. dichotomiflorum* é um fator de alto impacto em se tratando de altura de plantas, como foi observado. E mesmo sem competição, o tratamento com 40 cm de PLF sem *P.*

dichotomiflorum se comportou da mesma forma que os em competição (Figura 25 B).

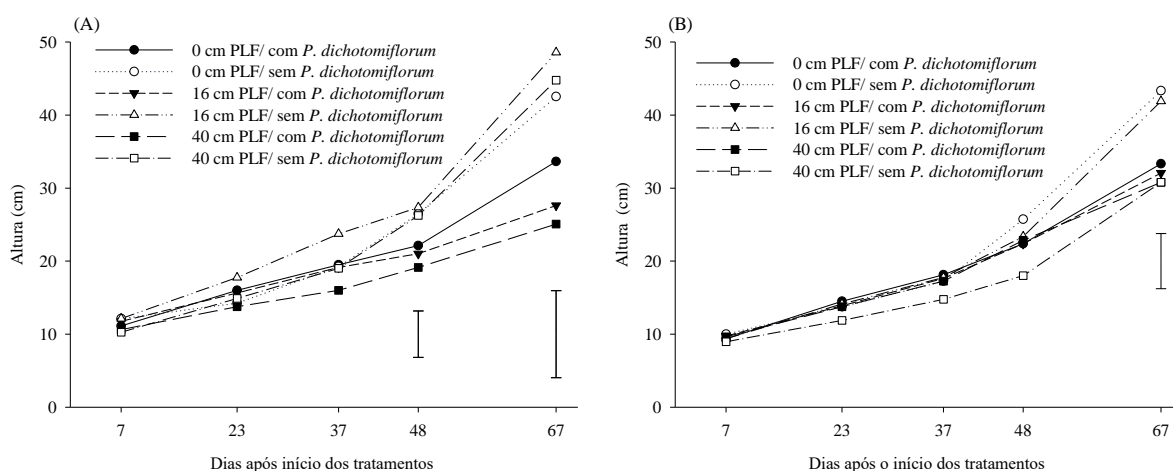


Figura 23. Altura de plantas (cm) de cana-de-açúcar aos 7, 23, 37, 48 e 67 DAT, para solo mineral (A) e solo orgânico (B). As barras de erro expressam a DMS dos tratamentos pelo teste de t-LSD 5% dentro de cada dia de avaliação (Belle Glade, 2017).

3.3.4 Área foliar

Para os dados de área foliar, observou-se de maneira pronunciada o efeito da competição do *P. dichotomiflorum* sobre desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar, sendo as diferenças observadas a partir dos 23 DAT no solo mineral e se estendendo até os 67 DAT (Figura 24 A), quando se estabeleceu a maior diferença entre os tratamentos. A partir dos 37 DAT, pode-se observar que os tratamentos 16 e 40 cm PLF sem *P. dichotomiflorum* se destacam dos demais tratamentos, e o 0 cm PFL sem *P. dichotomiflorum* se mostrou de forma intermediária, no entanto, mais próximos aos tratamentos com competição. A diferença atribuída à competição quando comparada 16 cm PLF com e sem *P. dichotomiflorum* é de 500 e 2900 cm², respectivamente (Figura 24 A).

Para o solo orgânico (Figura 24 B), as diferenças estatísticas foram observadas somente aos 48 e 67 DAT, com maior área nos tratamentos 0 e 16 cm PLF na ausência de *P. dichotomiflorum*. O tratamento 40 cm PFL sem *P. dichotomiflorum* mostrou-se com área intermediária próximo a 1000 cm² e os demais tratamentos com *P. dichotomiflorum* em competição, com áreas abaixo de 500 cm² (Figura 24 B).

Desta forma, pode-se observar que os resultados referentes à área foliar foram semelhantes aos de altura, em que a competição e 40 cm PLF prejudicam o desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar em solo orgânico.

Jennewein (2013) trabalhando com as mesmas PLF em cana-energia, capim elefante e cana-de-açúcar observaram diferenças de área foliar quando submeteu a cana-de-açúcar as diferentes PLF, com reduções de 51, 47 e 39% quando comparado 16 e 0 cm de PLF em capim elefante, cana-energia e cana-de-açúcar, respectivamente.

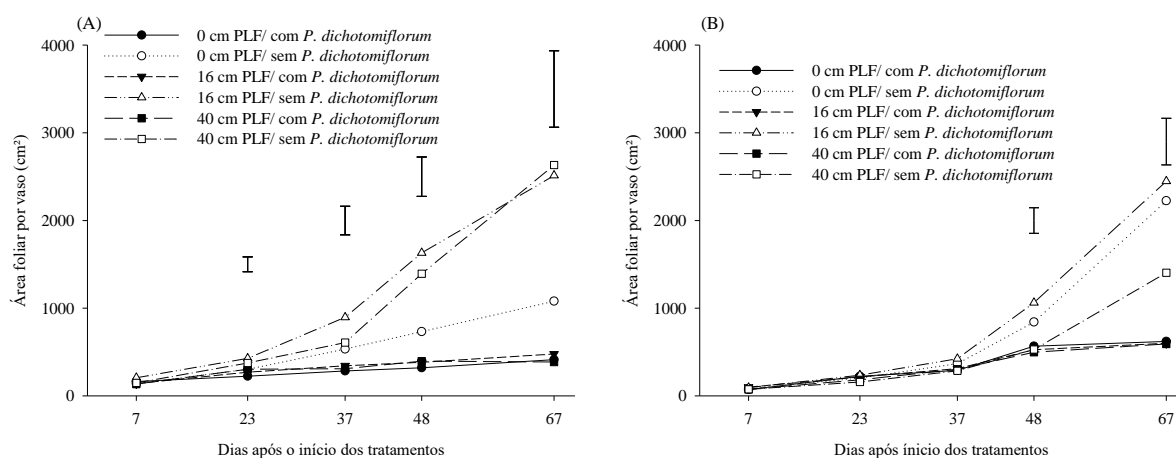


Figura 24. Área foliar (cm²) da cana-de-açúcar aos 7, 23, 37, 48 e 67 DAT, para solo mineral (A) e solo orgânico (B). As barras de erro expressam a DMS dos tratamentos pelo teste t-LSD 5% dentro de cada dia de avaliação (Belle Glade, 2017).

3.3.5 Determinação de clorofila *a*, *b* e carotenoides

Para clorofila *a*, *b* e carotenoides, em ambos os solos não foram observadas diferenças significativas entre as PLF. Porém, para a presença de *P. dichotomiflorum* foram encontradas diferenças em quase todas as PLF, com exceção de clorofila *a* e *b* no tratamento 0 cm PLF em solo mineral que se mostrou semelhante para clorofila *a* e *b*, independentemente da presença de *P. dichotomiflorum* ou não. Tais dados também enfatizam a grande supressão causada pela competição entre a planta daninha e cultura no seu desenvolvimento inicial (Figura 25).

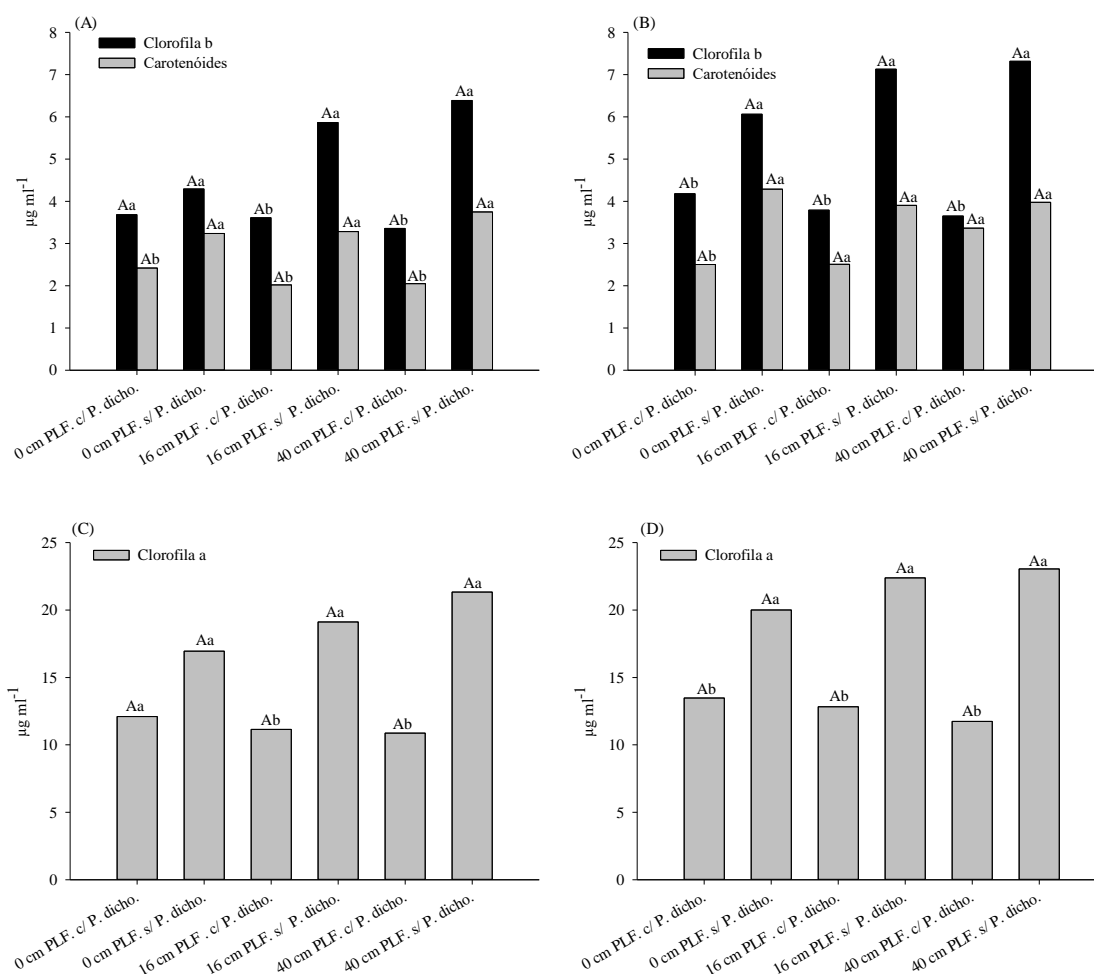


Figura 25. Determinação de clorofila *a*, *b* e carotenóides em cana-de-açúcar. Letras maiúsculas diferem-se entre profundidade de lençol freático (PLF) dentro de cada nível de competição e letras minúsculas entre sem e com *P. dichotomiflorum* dentro da mesma PLF ao teste de t-LSD a 5%. Solo mineral Figuras A e C; solo orgânico Figuras B e D. (Belle Glade, 2017).

3.3.6 Massa de matéria seca de parte aérea da cana-de-açúcar

Verificou-se que para massa de matéria seca, em ambos os solos as diferenças foram significativas para competição, e somente para PLF no mineral. Neste solo, às diferenças foram observadas na PLF e na presença do *P. dichotomiflorum* em competição. Sendo esta diferença observada no tratamento 0 cm PLF sem *P. dichotomiflorum* quando comparado com os tratamentos 16 e 40 cm PLF sem competição, com média de massa de folhas abaixo das 10 g para 0 cm PLF, e acima de 20 g para as PLF de 16 e 40 cm. Os resultados entre os tratamentos com e sem *P. dichotomiflorum* foram significativos dentro das PLF 16 e 40 cm, e não significativos para 0 cm PLF, para folhas e colmos (Figura 26 A).

Para o solo orgânico, não foi encontrada diferença significativa para o fator PLF. No entanto, para a presença ou ausência de *P. dichotomiflorum*, os resultados foram significativos em todas as PLF, com redução de 55 g para 15 g na massa de folhas na PLF de 16 cm, quando a cana-de-açúcar se encontrou em competição com *P. dichotomiflorum*. Os resultados referentes a massa seca de folhas acompanharam a mesma tendência dos dados de colmos, com redução severa quando houve competição da planta daninha com cultura em seu estágio de desenvolvimento inicial (Figura 26 B).

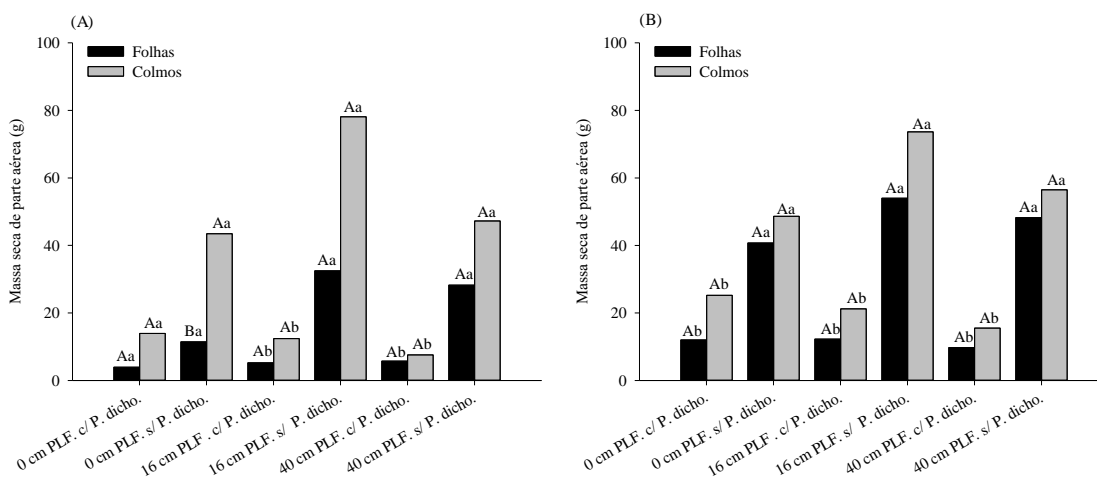


Figura 26. Massa de matéria seca de parte aérea de folhas e colmos de cana-de-açúcar Letras maiúsculas diferem-se entre profundidade de lençol freático (PFL) dentro de cada nível de competição e letras minúsculas entre sem e com *P. dichotomiflorum* dentro da mesma PLF ao teste de t-LSD a 5%. Solo mineral Figura A e solo orgânico Figura B. (Belle Glade, 2017).

Os dados de massa de matéria seca corroboram com os demais parâmetros avaliados durante a condução do experimento, que se mostrou com efeito mais pronunciado do fator competição e uma não adaptação de crescimento quando aplicado o tratamento com 0 cm de PLF. Resultados semelhantes foram observados por Jennewein (2013), o qual obteve maior massa de matéria seca em campo para as PLF 16 e 40 cm, para as diferentes culturas energéticas, cana energia e cana gigante, essas espécies tiveram a massa seca reduzidas quando submetidas a 0 cm de PLF (inundação), exceto para cana-de-açúcar, que obteve o melhor resultado na PLF de 16 cm.

3.3.7 Número de perfilhos

Para número de perfilhos em solo mineral, os dados indicam que houve diferença significativa para as diferentes PLF sem *P. dichotomiflorum*, sendo o número de perfilhos menor em 0 cm PLF e ausência de *P. dichotomiflorum*, quando comparado com as PLF 16 e 40 cm e ausência de *P. dichotomiflorum*. As diferenças de perfilhamento na presença e ausência de *P. dichotomiflorum* foram observados somente nas PLF 16 e 40 cm, sendo que em 0 cm de PLF, a competição com *P. dichotomiflorum* não influenciou o perfilhamento. No entanto, com a PLF mais profunda (40 cm PLF) a competição foi mais pronunciada sendo observado 0 e 4 perfilhos, com e sem *P. dichotomiflorum*, respectivamente (Figura 27 A).

Em solo orgânico (Figura 27 B), o perfilhamento dentro do fator PLF com *P. dichotomiflorum* foi maior a 0 cm PLF, diferentemente do fator PLF sem *P. dichotomiflorum*, em que a 0 cm PLF foi a menor média, se comparada com 16 e 40 cm PLF. A competição, se analisada dentro de cada PLF, obteve diferença significativa em todas as profundidades com resultados semelhantes ao solo mineral. Resultados esses, que corroboram com os observados por Jennewein (2013), no número de perfilhos nos tratamentos 16 e 40 cm PLF.

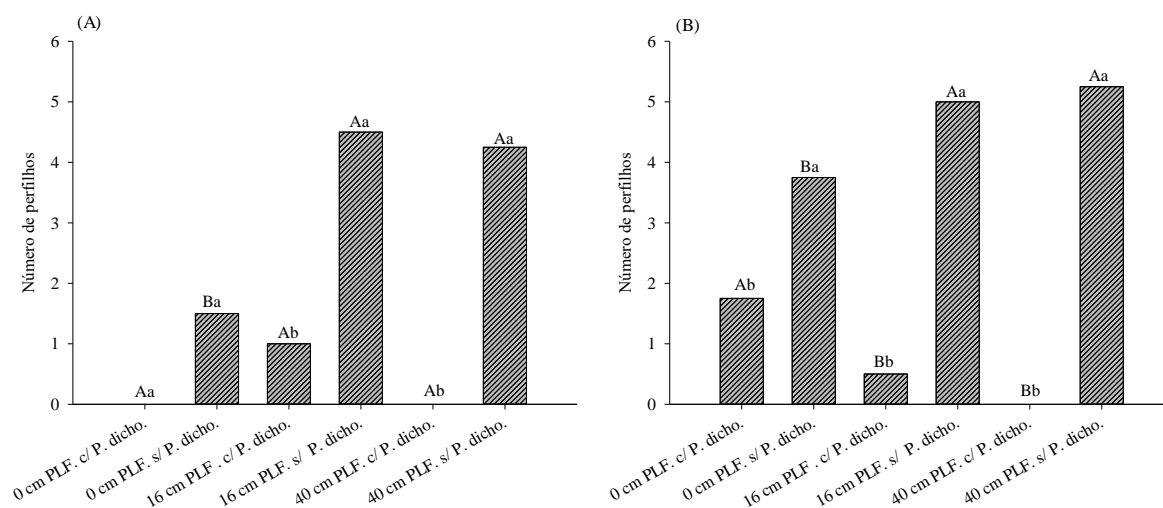


Figura 27. Número de perfilhos de cana-de-açúcar. Letras maiúsculas diferem-se entre profundidade de lençol freático (PFL) dentro de cada nível de competição e letras minúsculas entre sem e com *P. dichotomiflorum* dentro da mesma PLF ao teste de t-LSD a 5%. Solo mineral figura A e solo orgânico Figura B (Belle Glade, 2017).

Os efeitos de competição observados em área foliar, massa de matéria seca, número de perfilhos e clorofila corroboram com as épocas relatadas por Odero *et al.* (2016) que citam o período crítico da remoção de *P. dichotomiflorum* em cana-de-açúcar variam entre 45 a 60 dias após a emergência, e que a interferência imposta pela presença do *P. dichotomiflorum* pode resultar em redução de rendimento de até 60% no teor de sacarose. Tais efeitos de interferência de outras plantas daninhas em cana-de-açúcar também mostraram reduções de rendimento significativas por Lencse e Griffin (1991), que relataram a interferência de Capim Camalote [*Rottboellia cochinchinensis* (Lour) W.D. Clayton] reduziu a produção de cana-de-açúcar em 43%. Millhollon (1995), observou perdas de 17 e 35% após um e dois anos, respectivamente, de interferência inicial de massambará (*Sorghum halepense* L. Pers.) com a cana-de-açúcar.

A redução de massa de matéria seca da cana-de-açúcar está relacionada com a redução na área foliar e no teor de clorofila, ocasionados pela competição e refletido na massa seca, sendo que as folhas são responsáveis pela interceptação de luz e captação de CO₂ e local primário da fotossíntese. Assim, a redução na área foliar e no teor de clorofila desfavorece o crescimento, levando à redução na matéria seca total (Blum, 1996).

3.3.8 Massa de matéria seca da parte aérea de *P. dichotomiflorum*

A massa de matéria seca do *P. dichotomiflorum* nas diferentes PLF demonstram que a PLF de 0 e 16 cm pode suprimir o crescimento em solo orgânico, devido a grande oferta hídrica, e pode ser de utilidade estas informações se o objetivo for supressão da planta daninha (Figura 28).

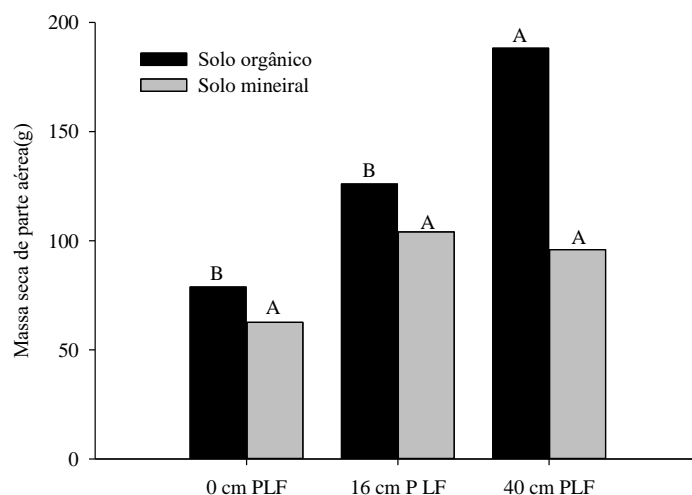


Figura 28. Massa de matéria seca de parte aérea de *P. dichotomiflorum* aos 67 DAT. Letras diferentes se diferem pelo teste t (LSD) a 5%.

3.4 Conclusão

A competição com *P. dichotomiflorum* afetou o desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar em todos os parâmetros avaliados, em ambas as texturas de solo, sendo mais crítica em solo mineral.

A cana-de-açúcar apresentou diferente comportamento as profundidades de lençol freático para os solos minerais e orgânicos. No solo mineral, de forma geral, o melhor desenvolvimento da cana-de-açúcar foi em 16 cm de PLF. Para o solo orgânico, o melhor desenvolvimento da cana-de-açúcar foi dado nas PLFs 16 e 40 cm.

Referências

ALEXANDER, A. G. **The energy cane alternative**. Elsevier Science Publishers BV, 1985.

ANDREIS, H. J. A water table study on an everglades peat soil: effects on sugar cane and on soil subsidence [Florida]. **Sugar Journal (USA)**, 1976.

BLUM, A. Crop responses to drought and the interpretation of adaptation. In: (Ed.). **Drought tolerance in higher plants: genetical, physiological and molecular biological analysis**: Springer, 1996. p.57-70.

BRECKE, B.; DUKE, W. Dormancy, germination, and emergence characteristics of fall panicum (*Panicum dichotomiflorum*) seed. **Weed Science**, v. 28, n. 6, p. 683-685, 1980.

BRYSON, C. T.; DEFELICE, M. S. **Weeds of the South**. University of Georgia Press, 2009.

CAVERS, P. B. Seed banks: memory in soil. **Canadian Journal of Soil Science**, v. 75, n. 1, p. 11-13, 1995.

FAUSEY, J. C.; RENNER, K. A. Germination, emergence, and growth of giant foxtail (*Setaria faberi*) and fall panicum (*Panicum dichotomiflorum*). **Weed Science**, v. 45, n. 3, p. 423-425, 1997.

FERNANDEZ, J. V. **FALL PANICUM (PANICUM DICHOTOMIFLORUM MICHX.) MANAGEMENT IN THE EVERGLADES AGRICULTURAL AREA (EAA)**. 2017. (Ph.D). Agronomic Dpto., University of Florida, Gainesville.

GILBERT, R. et al. Sugarcane growth and yield responses to a 3-month summer flood. **Agricultural water management**, v. 95, n. 3, p. 283-291, 2008.

GILBERT, R. A. et al. Morphological responses of sugarcane to long-term flooding. **Agronomy journal**, v. 99, n. 6, p. 1622-1628, 2007.

GLAZ, B. et al. Sugarcane variedade response to high summer water tables in the Everglades. **Agronomy journal**, v. 94, n. 3, p. 624-629, 2002.

GLAZ, B.; LINGLE, S. E. Flood duration and time of flood onset effects on recently planted sugarcane. **Agronomy journal**, v. 104, n. 3, p. 575-583, 2012.

GLAZ, B.; MORRIS, D. R. Sugarcane responses to water-table depth and periodic flood. **Agronomy journal**, v. 102, n. 2, p. 372-380, 2010.

GLAZ, B.; MORRIS, D. R.; DAROUB, S. H. Sugarcane photosynthesis, transpiration, and stomatal conductance due to flooding and water table. **Crop Science**, v. 44, n. 5, p. 1633-1641, 2004.

GONÇALVES, E. R. et al. Gas exchange and chlorophyll a fluorescence of sugarcane varieties submitted to water stress. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 4, p. 378-386, 2010.

HEUER, B. 40 Photosynthetic Carbon Metabolism of Crops under Salt Stress. 2005.

JANARDHANAN, L.; DAROUB, S. H. Phosphorus sorption in organic soils in South Florida. **Soil Science Society of America Journal**, v. 74, n. 5, p. 1597-1606, 2010.

JENNEWEIN, S. P. **Physiological and morphological effects of high water tables on early growth of giant reed (*Arundo donax*), elephant grass (*Pennisetum***

purpureum), energycane and sugarcane (Saccharum spp.). Intelligentsia International, Inc., LaBelle, FL (United States). 2013

LENCSE, R. J.; GRIFFIN, J. L. Itchgrass (*Rottboellia cochinchinensis*) interference in sugarcane (*Saccharum sp.*). **Weed Technology**, v. 5, n. 2, p. 396-399, 1991. ISSN 0890-037X.

LICHTENTHALER, H. K. [34] Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. In: (Ed.). **Methods in enzymology**: Elsevier, v.148, 1987. p.350-382.

MILLHOLLON, R. W. Growth and yield of sugarcane as affected by johnsongrass (*Sorghum halepense*) interference. **J Am Soc Sugarcane Technol**, v. 15, p. 32-40, 1995.

MORRIS, D.; TAI, P. Water table effects on sugarcane root and shoot development. **J Am Soc Sugar Cane Technol**, v. 24, p. 41-59, 2004.

ODERO, D. C.; DUCHROW, M.; HAVRANEK, N. Critical Timing of Fall Panicum (*Panicum dichotomiflorum*) Removal in Sugarcane. **Weed Technology**, v. 30, n. 1, p. 13-20, 2016.

ODERO, D. C.; SHANER, D. L. Dissipation of pendimethalin in organic soils in Florida. **Weed technology**, v. 28, n. 1, p. 82-88, 2014.

USDA. **United States Department of Agriculture-National Agricultural Statistics Service.** Crop Production.: https://www.nass.usda.gov/Quick_Stats/Ag_Overview/state p. 2017.

VANWEELDEN et al. Sugarcane variety census Florida 2015. . n. Sugarcane variety census Florida 2015. , p. 12-25., 2016.

VIATOR, R. et al. Screening for tolerance to periodic flooding for cane grown for sucrose and bioenergy. **Biomass and bioenergy**, v. 44, p. 56-63, 2012.

ZHAO, D.; GLAZ, B.; COMSTOCK, J. C. Sugarcane response to water-deficit stress during early growth on organic and sand soils. **American Journal of Agricultural and Biological Sciences**, v. 5, n. 3, p. 403-414, 2010.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os dados obtidos no presente trabalhos pode-se concluir que: O indaziflam é um herbicida com potencial para controle das espécies de *Urochloa decumbens* de *Digitaria nuda* na dosagem a partir de 150 g i.a ha⁻¹.

No primeiro ano de aplicação, onde foi aplicado em pré emergência inicial, o indaziflam se mostrou seletivo mesmo em altas dosagens na cultura da cana-de-açúcar assim como os demais herbicidas utilizados.

O indaziflam tem potencial de controle de *P. dichotomiflorum* em solos orgânicos até os 67 DAA, no entanto, esse período pode ser variável de acordo com as precipitações pluviométricas.

As imagens a partir de drone se mostraram como mais uma ferramenta a ser utilizada para o manejo de plantas daninha e mensuração de cobertura vegetal.

O software ImageJ mostrou-se como uma boa alternativa para análise de imagens retiradas a partir de drone em substituição ao DroneDeploy, em escala experimental.

A competição com *P. dichotomiflorum* causou grandes reduções de massa e perfilhos da cana-de-açúcar em seu desenvolvimento inicial.

As PLF de 16 e 40 cm se mostraram favoráveis ao desenvolvimento da cana-de-açúcar quando comparadas com a de 0 cm em solo mineral e em solo orgânico não foi observada diferença entre as PLF.

REFERÊNCIAS

AGROFIT. Sistema de agrotóxicos fitossanitários (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento) **Acesso em 03 de março de 2018**, 2017. Disponível em: < http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons >.

BRYSON, C. T.; DEFELICE, M. S. **Weeds of the South**. University of Georgia Press, 2009.

CORRÊA, M. **Dinâmica e eficácia da combinação formulada de diuron e hexazinone no sistema de produção de cana crua**. 2006. 150 f. 2006. Tese(Doutorado em Agronomia/Agricultura)-Faculdade de Ciências Agrônômicas. Universidade Estadual Paulista, Botucatu

GALON, L. et al. Influência de herbicidas na qualidade da matéria-prima de genótipos de cana-de-açúcar. **Planta daninha**, v. 27, n. 3, p. 555-562, 2009.

HERNANDEZ, D.; ALVES, P.; MARTINS, J. Influência do resíduo de colheita de cana-de-açúcar sem queima sobre a eficiência dos herbicidas imazapic e imazapic+ pendimethalin. **Planta daninha**, p. 419-426, 2001.

JENNEWEIN, S. P. **Physiological and morphological effects of high water tables on early growth of giant reed (*Arundo donax*), elephant grass (*Pennisetum purpureum*), energycane and sugarcane (*Saccharum spp.*)**. Intelligentsia International, Inc., LaBelle, FL (United States). 2013

ODERO, D. C.; DUCHROW, M.; HAVRANEK, N. Critical Timing of Fall Panicum (*Panicum dichotomiflorum*) Removal in Sugarcane. **Weed Technology**, v. 30, n. 1, p. 13-20, 2016

ODERO, D. C.; SHANER, D. L. Dissipation of pendimethalin in organic soils in Florida. **Weed technology**, v. 28, n. 1, p. 82-88, 2014.

PINTO DE CARVALHO, S. J. et al. Atividade residual de seis herbicidas aplicados ao solo em época seca. **Revista Ceres**, v. 59, n. 2, 2012.

PITELLI, R. Interferência de plantas daninhas em culturas agrícolas. **Inf. Agropec**, v. 11, n. 129, p. 16-27, 1985.

PITELLI, R. A. Competição e controle das plantas daninhas em áreas agrícolas. **Série técnica IPEF**, v. 4, n. 12, p. 1-24, 1987.

TOMPKINS, J. Environmental Protection Agency Pesticide Fact Sheet: Indaziflam. **Environmental Protection Agency**, 2010.

VELINI, E. et al. Avaliação dos efeitos do herbicida clomazone, aplicado em pós-emergência, sobre o crescimento e produtividade de soqueiras de nove variedades de cana-de-açúcar. CONGRESSO NACIONAL DOS TÉCNICOS AÇUCAREIROS E ALCOOLEIROS DO BRASIL, 1993, STAB Águas de São Pedro. p.125-128.

VELINI, E. D. et al. Avaliação da seletividade da combinação de oxyfluorfen e ametryne, aplicada em pré ou pós-emergência, a dez variedades de cana-de-açúcar (cana-planta). **Planta Daninha**, p. 123-134, 2000. ISSN 0100-8358.

ANEXOS

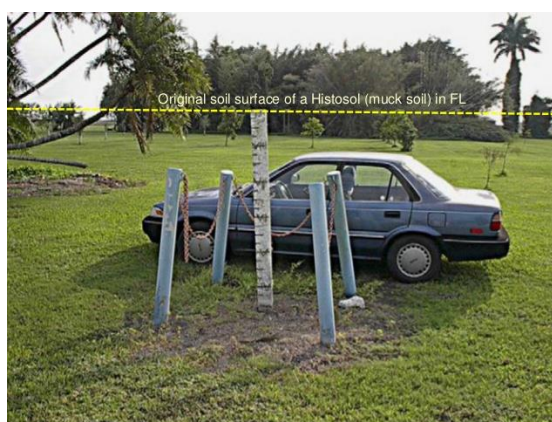


Figura 29. Oxidação da matéria orgânica do Histosolo orgânico em relação a sua altura de superfície original. Centro de pesquisa e educação (EREC) Universidade da Florida (Belle Glade/ FL).

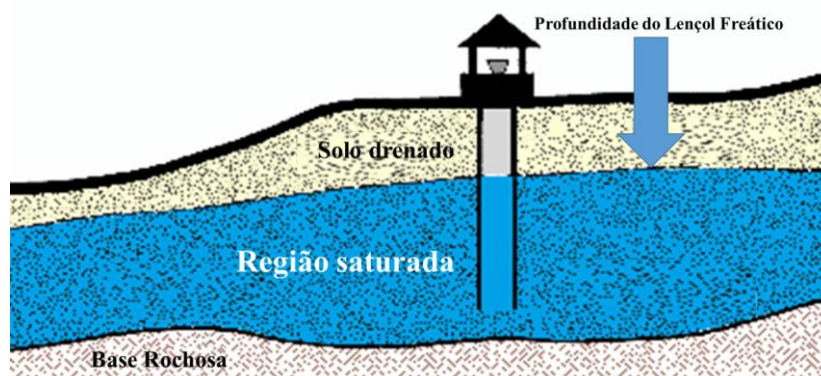


Figura 30. Exemplo de perfil de solo e lençol freático na região dos Everglades/FL (Belle Glade/ FL).

Tabela 5. Análise de variância dos dados e teste de médias dos dados Capítulo (Borebi, 2018).

Parâmetros estatísticos	Fitotoxicidade Ano 2			Fitotoxicidade Ano 3				
	15 DAA			15 DAA				
F (tratamentos)	320,111**			345,545**				
F (blocos)	2,000ns			0,743ns				
C.V	20,12			18,66				
D.M.S	0,43			0,42				
Parâmetros estatísticos	% Controle <i>Brachiaria</i> (ano 1)			% Controle <i>Brachiaria</i> (ano 2)		% Controle <i>Brachiaria</i> (ano 3)		
	70 DAA	120 DAA	170 DAA	35 DAA	80 DAA	50 DAA	80 DAA	133 DAA
F (tratamentos)	4,738**	2,840**	4,983**	2,147ns	12,259**	1,000ns	1,080ns	1,541ns
F (blocos)	1,00ns	1,382ns	2,407ns	2,225ns	1,826ns	1,479ns	1,176ns	0,876ns
C.V	2,28	3,9	8,51	8,06	5,05	9,53	18,32	15,61
D.M.S	3,35	5,66	11,97	11,47	6,96	13,84	25,22	20,83
Parâmetros estatísticos	% Controle <i>Digitaria</i> spp (ano 1)			% Controle <i>Digitaria</i> spp (ano 2)		% Controle <i>Digitaria</i> spp (ano 3)		
	70 DAA	120 DAA	170 DAA	35 DAA	80 DAA	50 DAA	80 DAA	133 DAA
F (tratamentos)	5,066**	3,741**	15,908**	2,378**	3,057**	486,0**	17,177**	16,118**
F (blocos)	1,574ns	1,310ns	0,302ns	7,699**	1,819ns	1,000ns	2,343ns	2,719ns
C.V	2,51	7,02	12,24	3,42	12,31	1,65	10,41	14,36
D.M.S	3,65	9,94	15,81	4,96	17,24	2,92	13,34	17,71

Tabela 6. Parâmetros estatísticos para as diferentes variáveis em solo mineral. Capítulo 3 (Belle Glade, 2017).

Parâmetros estatísticos	µg/g		
	Clorofila a	Clorofila b	Carotenoides
F (PLF)	0,385ns	1,194ns	0,443ns
F (Competição)	27,428**	15,257**	32,174**
F (PLF x Competição)	1,203ns	2,015ns	1,319ns
C.V	23,8	27,2	19,46
D.M.S	5,39	1,83	0,8

Parâmetros estatísticos	Massa de	Massa de	Número de
	Folhas	Colmos	Perfios
F (PLF)	7,478**	1,568ns	5,207*
F (Competição)	59,992**	24,616**	52,448**
F (PLF x Competição)	5,507*	1,321ns	2,172ns
C.V	41,7	65,82	56,13
D.M.S	9,02	33,14	1,63

Parâmetros estatísticos	Massa seca de <i>P.dichotomiflorum</i>	
F (PLF)	0,738ns	
C.V	58,52	
D.M.S	81,92	

Tabela 7. Parâmetros estatísticos para as diferentes variáveis em solo mineral. Capítulo 3 (Belle Glade, 2017).

Parâmetros estatísticos	FV/FM				
	7 DAT	23 DAT	37 DAT	48 DAT	67 DAT
F (PLF)	0,662ns	0,283ns	1,857ns	1,121ns	0,996ns
F (Competição)	0,219ns	2,511ns	0,574ns	1,186ns	3,237ns
F (PLF x Competição)	0,188ns	1,510ns	0,486ns	0,380ns	0,922ns
C.V	5,81	1,78	3,1	2,17	1,29
D.M.S	0,06	0,02	0,03	0,02	0,01

Parâmetros estatísticos	índice SAPD				
	7 DAT	23 DAT	37 DAT	48 DAT	67 DAT
F (PLF)	1,436ns	2,831ns	0,519ns	0,019ns	0,536ns
F (Competição)	5,003*	14,826**	47,565**	82,044**	36,636**
F (PLF x Competição)	0,669ns	0,226ns	0,207ns	0,830ns	1,076ns
C.V	9,97	9,39	10,79	9,53	13,47
D.M.S	6,71	6,67	6,93	6,25	7,36

Parâmetros estatísticos	Altura de Plantas (cm)				
	7 DAT	23 DAT	37 DAT	48 DAT	67 DAT
F (PLF)	1,889ns	1,684ns	2,702ns	0,357ns	0,417ns
F (Competição)	0,251ns	0,217ns	3,158ns	11,625**	25,385**
F (PLF x Competição)	0,357ns	1,169ns	1,073ns	0,221ns	1,364ns
C.V	14,37	17,11	17,43	18,04	21,67
D.M.S	2,41	3,9	5,03	6,35	11,92

Parâmetros estatísticos	Área foliar por vaso (cm ²)				
	7 DAT	23 DAT	37 DAT	48 DAT	67 DAT
F (PLF)	0,803ns	1,323ns	2,003ns	5,495*	4,419*
F (Competição)	0,863ns	4,935*	16,789**	51,361**	47,375**
F (PLF x Competição)	1,522ns	0,361ns	1,102ns	4,012*	4,266*
C.V	33,04	35,89	44,3	37,42	46,97
D.M.S	76,11	168,28	325,76	449,46	872,51

Tabela 8. Parâmetros estatísticos para as diferentes variáveis em solo orgânico. Capítulo 3 (Belle Glade,2017).

Parâmetros estatísticos	µg/g		
	Clorofila a	Clorofila b	Carotenoides
F (PLF)	0,233ns	0,366ns	0,309ns
F (Competição)	71,276**	58,541**	6,804*
F (PLF x Competição)	1,664ns	2,002ns	0,508ns
C.V	15,36	17,7	34,69
D.M.S	3,93	1,4	1,76
Parâmetros estatísticos	Massa de	Massa de	Número de
	Folhas (g)	Colmos (g)	Perfihos
F (PLF)	0,784ns	0,779ns	0,067ns
F (Competição)	36,147**	15,794**	147,267**
F (PLF x Competição)	0,518ns	0,105ns	9,267**
C.V	48,75	58,91	29,19
D.M.S	20,42	34,64	1,17
Parâmetros estatísticos	Massa seca de <i>P.dichotomiflorum</i>		
F (PLF)	10,485**		
C.V	30,47		
D.M.S	65,81		

Tabela 9. Parâmetros estatísticos para as diferentes variáveis em solo orgânico. Capítulo 3 (Belle Glade,2017).

Parâmetros estatísticos	FV/FM				
	7 DAT	23 DAT	37 DAT	48 DAT	67 DAT
F (PLF)	2,644ns	11,689**	1,019ns	0,094ns	1,588ns
F (Competição)	1,528ns	2,681ns	0,668ns	0,113ns	0,020ns
F (PLF x Competição)	2,691ns	0,994ns	0,510ns	0,217ns	0,747ns
C.V	10,93	12,53	7,38	2,52	2,21
D.M.S	0,1	0,11	0,08	0,02	0,02

Parâmetros estatísticos	índice SAPD				
	7 DAT	23 DAT	37 DAT	48 DAT	67 DAT
F (PLF)	0,205ns	2,524ns	1,046ns	2,221ns	0,826ns
F (Competição)	0,972ns	0,005ns	0,008ns	0,025ns	40,725**
F (PLF x Competição)	0,186ns	0,413ns	1,230ns	0,384ns	0,179ns
C.V	12,34	11,34	12,65	12,19	11,13
D.M.S	7,53	7,62	9,08	9,17	7,6

Parâmetros estatísticos	Altura de Plantas (cm)				
	7 DAT	23 DAT	37 DAT	48 DAT	67 DAT
F (PLF)	0,184ns	0,894ns	1,082ns	3,346ns	4,974*
F (Competição)	0,066ns	0,8ns	1,003ns	0,020ns	10,095**
F (PLF x Competição)	0,508ns	0,481ns	0,5ns	4,417**	2,524ns
C.V	14,2	15,88	15,47	12,72	14,42
D.M.S	2	3,21	3,993	4,24	7,52

Parâmetros estatísticos	Área foliar por vaso (cm ²)				
	7 DAT	23 DAT	37 DAT	48 DAT	67 DAT
F (PLF)	1,623ns	3,961*	1,565ns	4,279*	4,881*
F (Competição)	0,008ns	0,213ns	2,980ns	12,311**	94,740**
F (PLF x Competição)	0,112ns	0,697ns	1,394ns	3,319ns	4,596*
C.V	32,74	20,48	24,69	29,3	27,23
D.M.S	39,92	61,78	120,97	291,65	531,67