

INSTITUTO FEDERAL GOIANO - CAMPUS RIO VERDE
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
AGRÁRIAS – AGRONOMIA

MAPEAMENTO DIGITAL DE PLANTAS DANINHAS
EM ÁREAS DE PRODUÇÃO DE SOJA UTILIZANDO
AERONAVES REMOTAMENTE PILOTADAS

Autor: Alan Carlos de Oliveira Castro
Orientador: Prof. DSc. Alaerson Maia Geraldine
Coorientadores: Prof.(a) DSc. Renata Pereira Marques
Prof. DSc. Pedro J. Christoffoleti

Rio Verde – GO
Fevereiro – 2022

INSTITUTO FEDERAL GOIANO CAMPUS RIO VERDE
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
AGRÁRIAS – AGRONOMIA

MAPEAMENTO DIGITAL DE PLANTAS DANINHAS
EM ÁREAS DE PRODUÇÃO DE SOJA UTILIZANDO
AERONAVES REMOTAMENTE PILOTADAS

Autor: Alan Carlos de Oliveira Castro
Orientador: Prof. DSc. Alaerson Maia Geraldine
Coorientadores: Prof.(a) DSc. Renata Pereira Marques
Prof. DSc. Pedro J. Christoffoleti

Tese apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Ciências Agrárias – Agronomia no Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias – Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde. Área de concentração em Produção Vegetal Sustentável no Cerrado.

Rio Verde – GO
Fevereiro – 2022

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

CC355m Castro, Alan Carlos de Oliveira
MAPEAMENTO DIGITAL DE PLANTAS DANINHAS EM ÁREAS
DE PRODUÇÃO DE SOJA UTILIZANDO AERONAVES
RENOTAMENTE PILOTADAS / Alan Carlos de Oliveira
Castro; orientador Alaerson Maia Geraldine; co-
orientador Renata Pereira Marques. -- Rio Verde,
2022.
59 p.

Tese (Doutorado em Programa de Pós-Graduação em
Ciências Agrárias- Agronomia) -- Instituto Federal
Goiano, Campus Rio Verde, 2022.

1. Sensoriamento remoto. 2. Matologia. 3.
Ecologia. 4. Manejo. I. Geraldine, Alaerson Maia,
orient. II. Marques, Renata Pereira, co-orient. III.
Título.

Responsável: Johnathan Pereira Alves Diniz - Bibliotecário-Documentalista CRB-1 nº2376



Goiano - RIIF Goiano

Repositório Institucional do IF

Sistema Integrado de Bibliotecas

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR
PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO
IF GOIANO**

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> Tese | <input type="checkbox"/> Artigo Científico |
| <input type="checkbox"/> Dissertação | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia – Especialização | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input type="checkbox"/> TCC - Graduação | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Alan Carlos de Oliveira Castro

Matrícula: 2017202320140013

Título do Trabalho: Mapeamento digital de plantas daninhas em áreas de produção de soja utilizando aeronaves remotamente pilotadas

Restrições de Acesso ao Documento

Documento confidencial: Não Sim, justifique: _____

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 12/07/2022

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;

3. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Goiânia, 12/07/2022.

Local Data

Alan Carlos de O. Castro

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:

Renata Pereira Marques

Assinatura do(a) orientador(a)



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
 MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
 SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA INSTITUTO
 FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 19/2022 - NREPG-RV/CP G-RV/DPGPI-RV/CMPRV/IFGOIANO


ATA Nº/88 BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE TESE

Aos vinte e três dias do mês de fevereiro do ano de dois mil e vinte e dois, às 13:00 h (treze horas), reuniram-se os componentes da Banca Examinadora: Prof. Dr. Alaerson Maia Geraldine (Orientador), Prof. Dr. Tavvs Micael Alves (Avaliador externo), Dr. Lucas Marcolin (Avaliador externo), Prof. Dr. Juan Landivar-Bowles (Avaliador externo), Profª. Dra. Renata Pereira Marques (Avaliadora externa), Prof. Dr. Domingos Sarvio Magalhães Valente (Avaliador externo) e Prof. Dr. Adriano Jakelaitis (Avaliador interno) sob a presidência do (a) primeiro(a), em sessão pública realizada por video conferência do IF Goiano - Campus Rio Verde, para procederem a avaliação da defesa de Tese, em nível de Doutorado, de autoria de **ALAN CARLOS DE OLIVEIRA CASTRO**, discente do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias - Agronomia do Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde. A sessão foi aberta pelo (a) presidente da Banca Examinadora, Prof. Dr. Alaerson Maia Geraldine, que fez a apresentação formal dos membros da Banca. A palavra, a seguir, foi concedida o (a) autor (a) da Tese para, em 40 min., proceder à apresentação de seu trabalho. Terminada a apresentação, cada membro da banca arguiu o(a) examinado (a), tendo-se adotado o sistema de diálogo sequencial. Terminada a fase de arguição, procedeu-se a avaliação da defesa. Tendo-se em vista as normas que regulamentam o Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias - Agronomia, e procedidas às correções recomendadas, a Tese foi **APROVADA**, considerando-se integralmente cumprido este requisito para fins de obtenção do título de **DOCTOR(a) EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS-AGRONOMIA**, na área de concentração Produção Vegetal Sustentável no Cerrado, pelo Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde. A conclusão do curso dar-se-á quando da entrega na secretaria do PPGCA-AGRO da versão definitiva da Tese, com as devidas correções. Assim sendo, esta ata perderá a validade se não cumprida essa condição, em até **60** (sessenta) dias da sua ocorrência. A Banca Examinadora recomendou a publicação dos artigos científicos oriundos dessa Tese em periódicos de circulação nacional e/ou internacional, após procedida as modificações sugeridas. Cumpridas as formalidades da pauta, a presidência da mesa encerrou esta sessão de defesa de Tese de Doutorado, e para constar, eu, Vanilda Maria Campos, secretária do PPGCA-AGRO, lavrei a presente Ata, que, após lida e achada conforme, será assinada pelos membros da Banca Examinadora em três vias de igual teor.

Prof. Dr. Alaerson Maia Geraldine (Presidente)

Prof. Dr. Tavvs Micael Alves (Avaliador externo)


 Dr. Lucas Marcolin (Avaliador externo)


 Prof. Dr. Juan Landivar-Bowles (Avaliador externo)

Profª. Dra. Renata Pereira Marques (Avaliadora externa)



Prof. Dr. Domingos Sarvio Magalhães Valente (Avaliador externo)

Prof. Dr. Adriano Jakelaitis (Avaliador interno)

Documento assinado eletronicamente por:

- Adriano Jakelaitis, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 04/03/2022 09:59:55.
- Renata Pereira Marques, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 04/03/2022 09:57:08.
- Tavus Micael Alves, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 04/03/2022 09:56:29.
- Alaerson Maia Geraldine, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 04/03/2022 09:48:15.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 21/02/2022. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar_documento/ e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 360093
Código de Autenticação: 6575e4711a



INSTITUTO FEDERAL GOIANO
Campus Rio Verde
Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, None, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970
(64) 3620-5600

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiro a Deus, que permitiu que tudo isso acontecesse na minha vida, não somente nesse período como Doutorando, mas que esteve comigo a vida toda. À Instituição, pelo ambiente que disponibiliza.

Agradeço a todos os professores por proporcionar o conhecimento ministrado em sala de aula, e em campos do saber. A palavra mestre, nunca fará justiça aos professores dedicados aos quais sem nominar terão os meus eternos agradecimentos. Ao meu orientador Dr. Alaerson Maia Geraldine e coorientadores Dra. Renata Pereira Marques e Dr. Pedro Jacob Christoffoleti, que independente dos momentos sempre apoiaram a causa com empenho e dedicação na elaboração deste trabalho e manutenção, pela aceitação em me orientar, além da paciência ao transmitir conhecimento.

Agradeço a minha família mãe Divina Batista de Oliveira Castro, heroína que apoiou, e incentivou nas horas difíceis. Agradeço também ao meu pai Carlos Abadio de Castro, que sempre esteve presente servindo de alicerce e exemplo que vou levar pelo resto da minha vida. Ao meu irmão Elan de Oliveira Castro, que quando pode ajudar se fez sempre presente. A minha esposa Jessica Alves Conrado Castro, que sonhou comigo o mesmo sonho durante todo esse tempo.

Meus agradecimentos aos amigos, companheiros de trabalho e faculdade, além do pessoal dos demais laboratórios como Sapfaly, Cultura de Tecidos, Plantas daninhas e outros que foram de grande ajuda para conclusão deste trabalho. Irmãos na amizade que fizeram parte da minha formação e que vão continuar presentes em minha vida com certeza. Ao Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde e ao Programa de Pós- Graduação em Ciências Agrárias – Agronomia, pela oportunidade deste. À Basf, por apoiar essa pesquisa e momento de grande aprendizado para carreira profissional.

BIOGRAFIA DO AUTOR

Alan Carlos de Oliveira Castro, filho de Carlos Abadio de Castro e Divina Batista de Oliveira Castro, nasceu em Uruaçu de Goiás, Estado de Goiás, em 25 de abril de 1992. Em agosto de 2010, iniciou a Graduação de Agronomia na Faculdade Evangélica de Goianésia – FACEG, GO, graduando-se em julho de 2015.

Em março de 2016, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias - Agronomia, em nível de Mestrado, na área de concentração em Produção Vegetal, submetendo-se à defesa da dissertação, requisito indispensável para a obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias - Agronomia, em agosto de 2017.

Após esse período iniciou o Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias – Agronomia em 2017. E, sua trajetória dentro do setor de agricultura digital na Rural Brasil e após como RND do xarvio na Basf, onde trabalha atualmente.

Durante esse período também integrou uma Especialização em Proteção de Plantas pela UFV em Viçosa no ano de 2020 como aluno, vindo a concluí-la em fevereiro de 2021.

ÍNDICE

	Página
ÍNDICE DE FIGURAS	12
ÍNDICE DE TABELAS.....	14
LISTA DE SÍMBOLOS, ABREVIACÕES.....	16
RESUMO GERAL	17
GENERAL ABSTRACT	18
1. INTRODUÇÃO.....	19
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	20
2.1 Plantas daninhas e sua importância.....	20
2.2 (Vants) Veículos aéreos não tripulados no monitoramento de plantas daninhas.....	22
2.3 Banco de sementes de plantas daninhas.....	24
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25
4. OBJETIVOS	30
4.1 GERAL	30
4.2 ESPECÍFICOS.....	30
5. CAPÍTULO I.....	31
RESUMO.....	31
ABSTRACT	31
5.1 INTRODUÇÃO.....	32
5.2 MATERIAIS E MÉTODOS.....	34
5.2.1 Área de estudo	34
5.2.2 (RPAs) Aeronaves remotamente pilotadas e Processamento de imagens	35
5.2.3 Levantamento florístico	36
5.2.4 Banco de sementes.....	37

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
5.4 CONCLUSÕES	47
5.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47
6. CAPÍTULO II.....	53
ABSTRACT	53
6.1. INTRODUÇÃO	53
6.2 MATERIAL E MÉTODOS	54
6.2.1 Área de estudo	54
6.2.2 Levantamento florístico de espécies de plantas daninhas.....	54
6.2.3 Classificação da porcentagem de infestação de plantas daninhas	55
6.2.4 Análises estatísticas univariadas e multivariadas	56
6.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	56
6.4 AGRADECIMENTOS	63
6.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
7. CONCLUSÃO GERAL.....	67

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I: VALIDAÇÃO DIGITAL DE IMAGENS DE ALTA RESOLUÇÃO PARA IDENTIFICAÇÃO E BANCO DE SEMENTES DE PLANTAS DANINHAS EM ÁREAS COMERCIAIS DO SUDOESTE GOIANO

	Página
Figura 1. Representação da região sudoeste de goiás, safra – 2019/20. Fonte: Laura et al., 2020.....	30
Figura 2. Coleta e identificação, safra – 2017/18. Fonte: <i>Digital Farming Solutions</i>	32
Figura 3. Demonstração da porcentagem de erros e acertos comparando a avaliação por imagem e presencial no campo em áreas comerciais do sudoeste goiano-GO, safra 2017/2018.....	34
Figura 4. Demonstração do fluxo de emergência de plantas daninhas do banco de sementes em áreas comerciais do sudoeste goiano-GO, safra 2017/2018.....	38

CAPÍTULO II: Identification of Weed Species in Commercial Soybean Areas by High-Resolution Drone Images

	Página
Figura 3. Map of 16 municipalities in southwest Goiás, Brazil, used during the floristic survey of weeds in 384 sampling areas (colors in the underneath map represent soybean production intensity). Source: Google Maps and Bayer Cropscience.....	48
Figura 4. Image collected for identification in commercial area (A), drone approach to capture the photo at 3 meters (B), Image enlarged for identification (C). Photos: Digital Farming 2017.....	49
Figura 3. Species and Family (EPPO code Global, 2019) found in 384 sampling areas in the southwest state of Goiás, 2017/2018 season. ZEAMX: <i>Zea mays</i> ; CNDSS: <i>Conyza</i> sp.; ERISU: <i>C. sumatrensis</i> ; ERIBO: <i>C. bonariensis</i> ; 1GRAF: Poaceae; PESSE: <i>Pennisetum setosum</i> ; COMBE: <i>Commelina benghalensis</i> ; ELEIN: <i>Eleusine indica</i> ; EPHHI <i>Euphorbia hirta</i> ; TRCIN: <i>Digitaria insularis</i> ; POROL: <i>Portulaca oleracea</i> ; IPOSS: <i>Ipomea</i> sp.; AMASS: <i>Amaranthus</i> sp.; SIDGZ: <i>Sida glaziovii</i> ; SIDCO: <i>S.</i>	

cordifolia; CCHEC: *Cenchrus echinatus*; CASOB: *Senna obtusifolia*; GNAPU: *Gamochaeta coarctata*; ALRFI: *Alternanthera tenella*; ACHNI: *Acanthospermum hispidum*; AGECO: *Ageratum conyzoides*; SORHA: *Sorghum halepense*; RAPRA: *Raphanus raphanistrum*; MAVCO: *Malvastrum coromandelianum*; BRAPL: *Urochloa plantaginea*; BIDPI: *Bidens pilosa*.....51

Figura 4. Occurrence of weed plants (EPPO code Global, 2019) (x-axis) prevalent according to rainfall (y-axis), following the planting calendar of producers from Caiapônia, Montividiu and Rio Verde, 2017/2018 agricultural harvest. ZEAMX: *Zea mays*; CNDSS: *Conyza* sp.; 1GRAF: Poaceae; PESSE: *Pennisetum setosum*; COMBE: *Commelina benghalensis*; ELEIN: *Eleusine indica*; EPHHI *Euphorbia hirta*; TRCIN: *Digitaria insularis*; POROL: *Portulaca oleracea*; IPOSS: *Ipomea* sp.; AMASS: *Amaranthus* sp.; SIDGZ: *Sida glaziovii*.....52

Figura 5. Occurrence of the six predominant monocotyledonous weed species (EPPO code Global, 2019), according to the collection municipality, following the planting calendar of producers in southwest state of Goiás, 2017/2018 growing season.....54

Figura 6. Occurrence of the six predominant monocotyledonous weed species (EPPO code Global, 2019), according to the collection municipality, following the planting calendar of producers in southwest state of Goiás, 2017/2018 growing season.....55

Figura 7. Principal component analysis carried out using data from the 2017/2018 growing season as reference, during the desiccation period with: InfestxC: Percentage infestation, N. Speci: number of species and T.Are: area size.....56

ÍNDICE DE TABELAS

REVISÃO DE LITERATURA

	Página
Tabela 1. Usabilidade de drones no manejo das culturas presentes no Brasil.....	20

CAPÍTULO I: VALIDAÇÃO DIGITAL DE IMAGENS DE ALTA RESOLUÇÃO PARA IDENTIFICAÇÃO E BANCO DE SEMENTES DE PLANTAS DANINHAS EM ÁREAS COMERCIAIS DO SUDOESTE GOIANO

	Página
Tabela 2. Análise descritiva inicial das espécies de daninhas, identificadas no campo e presentes no banco de sementes provenientes de áreas comerciais do sudoeste goiano – GO, safra 2017/18.....	35
Tabela 2. Relação das plantas daninhas distribuídas em famílias, número de indivíduos (NI), nome científico (NC) e nome popular (NP), encontradas em áreas comerciais do sudoeste goiano – GO, safra 2017/18.....	37
Tabela 3. Relação das espécies encontradas na primeira avaliação (15 dias) do banco de sementes de áreas comerciais do sudoeste goiano – GO, safra 2017/18.....	38
Tabela 4. Relação das espécies encontradas na primeira avaliação (30 dias) do banco de sementes de áreas comerciais do sudoeste goiano – GO, safra 2017/18.....	39
Tabela 5. Relação das espécies encontradas na primeira avaliação (45 dias) do banco de sementes de áreas comerciais do sudoeste goiano – GO, safra 2017/18.....	40
Tabela 6. Relação das espécies encontradas na primeira avaliação (60 dias) do banco de sementes de áreas comerciais do sudoeste goiano – GO, safra 2017/18.....	41

CAPÍTULO II: Identification of Weed Species in Commercial Soybean Areas by High-Resolution Drone Images

Página

Tabela 3. Floristic list of weed species in the southwest state of Goiás evaluated during the 2017/2018 growing season.....50

Tabela 2. Correlation matrix of related variables using data from the 2017/2018 growing season as reference. The dimensions of the principal component analysis were made with a significance of $p < 0.05$. P_infest: infestation percentagem, T_area: area size.....55

LISTA DE SÍMBOLOS, ABREVIACÕES

%	Por cento
ACCase	Acetil-CoA carboxilase
B	Blue
CV	Coefficiente de variação
CM	Centímetros
G	Green
GPS	Sistema de posicionamento global
HA	Hectare
IC	Iniciação Científica
M	Metros
MM	Milímetros
R	Red
RPAS	Sistema de Aeronave Remotamente Pilotada
VANT	Veículo aéreo não tripulado

RESUMO GERAL

CASTRO, ALAN CARLOS DE OLIVEIRA. Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO, fevereiro de 2022. **Digital mapping of weeds in soybean production areas using remotely piloted aircraft.** Orientador: Dr. Alaerson Maia Geraldine; Coorientadores: Dra. Renata P. Marques e Dr. Pedro J. Christofolleti.

As plantas daninhas são pragas das mais importantes nos agroecossistemas, causando consideráveis perdas econômicas na produção global. Assim, no primeiro estudo objetivou-se realizar a identificação das plantas daninhas por meio de imagens e quantificação do banco de sementes de plantas daninhas, em áreas comerciais do sudoeste goiano-GO. Desta forma, a amostragem foi realizada por meio de imagens e coletas de solo para realização do banco de semente presente em 12 talhões distribuídos em 12 municípios. No segundo estudo, o objetivo foi identificar, quantificar e mapear as espécies de plantas daninhas presentes em 384 talhões distribuídos em 16 municípios de áreas agrícolas comerciais do sudoeste goiano, via imageamento aéreo. Ao avaliar os métodos de monitoramento clássico x digital aliado ao banco de sementes no solo foi possível afirmar que as imagens RGB geradas por meio de drones podem ser utilizadas para posterior treinamento (machine learning), obtendo acertabilidade de 88%. Assim, tornando viável a realização do levantamento da flora daninhas para identificar, quantificar e mapear as espécies em áreas agrícolas comerciais do sudoeste goiano. Em que o elevado número de espécies identificadas de uma mesma família, bem como a maior frequência de espécies observadas nos dez dias anteriores ao início da cultura da soja, indicou a dominância de algumas espécies e o número de espécies identificadas, o tamanho da área e a região de amostragem não foram correlacionados, pois os locais com baixa diversidade de espécies foram mais agrupados do que os locais com alta diversidade.

PALAVRAS-CHAVE: Sensoriamento remoto, Matologia, Ecologia, Manejo.

GENERAL ABSTRACT

CASTRO, ALAN CARLOS DE OLIVEIRA. Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde – GO, February 2022. **Digital weed survey and seed bank in commercial soybean areas in southwest Goiás.** Advisor: PhD. Alaerson Maia Geraldine; Co-advisors: PhD. Renata P. Marques and PhD. Pedro J. Christofolleti.

Weeds are one of the most important pests in agroecosystems, causing considerable economic losses in global production. Thus, the first study aimed the identification of weeds through images as well the quantification of the weed seed bank in commercial areas in southwest Goiás-GO. In this way, the sampling was carried out through images and soil collections to carry out the seed bank present in 12 plots distributed in 12 municipalities. In the second study, the objective was to identify, quantify and map the weed species present in 384 plots distributed in 16 municipalities in commercial agricultural areas in southwest Goiás via aerial imaging. When evaluating the classic versus digital monitoring methods combined with the soil seed bank, it was possible to affirm that the RGB images generated by drones can be used for further training (machine learning), obtaining an 88% of accuracy. Thus, making it feasible to carry out a survey of weedy flora to identify, quantify and map the species in commercial agricultural areas in southwest Goiás. The high number of identified species of the same family, as well as the higher frequency of species observed in the ten-day periods before the starting of soybean crop, indicated the dominance of some species. The number of species identified, the size of the area, and the sampling region were not correlated, because sites with low species diversity were more grouped than sites with high diversity.

KEYWORDS: Remote Sensing, Matology, Ecology, Management.

1. INTRODUÇÃO

As plantas daninhas consideradas invasoras ou indesejadas, são o complexo de pragas mais importantes que globalmente reduzem a capacidade de produção agrícola (Alimentos, fibras e combustível), agindo diretamente por meio da perda de rendimento da safra, poluição da colheita por sementes, hastes e folhas, problemas de colheita devido ao bloqueio da erva verde (biomassa), infestação do campo durante as estações de cultivo e aumento de doenças e pragas (Oerke 2006; Mézière et al., 2015; Owen, 2016).

A sua diversidade e distribuição variam conforme a cultura ou região, sendo encontradas em campos cultivados de grande importância econômica e ecológica, fornecendo recursos naturais e de habitat a vários hospedeiros (Jabeen; Ahmed, 2009; Taylor et al., 2006; Iqbal et al., 2015). É componente da agricultura que frustrou todas as tentativas humanas de eliminá-las de interagir com produção (Vigueira et al., 2013; Owen, 2016). Diante da demanda mundial por sustentabilidade e diminuição dos impactos ambientais, o controle de plantas daninhas que durante décadas consistiu, principalmente em aplicações frequentes e sistemáticas de herbicidas, essas responsáveis pela diminuição da diversidade de plantas daninhas em campo, agora ameaça à segurança alimentar global (Fried et al., 2009; Geiger et al., 2010; Delye et al 2013; Mcelroy 2014).

Nas últimas décadas as táticas de gerenciamento de plantas daninhas resultaram em programas de controle que visam sustentabilidade, no entanto, devido ao uso contínuo de herbicidas, mudanças ocorridas nas comunidades infestantes levaram à seleção de biótipos resistentes e tolerantes a herbicidas utilizados para controle global, sugerindo dessa forma sistemas de cultivo, combinados a numerosas técnicas culturais que visam minimizar a nocividade das plantas daninhas (Zalucki et al. 2015; Owen, 2016; Silva et al., 2018).

Das técnicas utilizadas na pesquisa sobre as plantas daninhas hoje, uma das mais promissoras e inovadoras é o uso de Aeronaves remotamente pilotadas (RPAs ou drones) equipados com sistema de percepção para o mapeamento ou identificação destas plantas, em comparação a outras plataformas remotas, como satélites ou aeronaves pilotadas, os RPAs podem operar em altitudes baixas, mesmo em dias nublados, e podem fornecer uma resolução espacial ultra-alta de todo o campo de colheita (Peña et al., 2015).

O RPA pode ser programado sob demanda e voar com grande flexibilidade para coletar imagens remotas de culturas em momentos críticos no período de crescimento, melhorando o processo de tomada de decisão do agricultor (Lelong et al., 2008).

Desta forma, o uso de tecnologias digitais visando o mapeamento da infestação e identificação das espécies de plantas daninhas, combinado aos estudos fitossociológicos que inclui a previsão da composição e a densidade de sementes presentes no banco de sementes, podem auxiliar o produtor na melhor decisão de manejo, uma vez que as informações passam a ser mais assertivas e eficientes (Peña et al., 2015; Oliveira et al., 2020).

O objetivo do presente trabalho foi identificar as espécies de plantas daninhas presentes em áreas comerciais da região sudoeste de Goiás por meio de tecnologias digitais, aliadas a identificação do banco de sementes presente no solo. Visando otimizar o monitoramento com a tecnologia Xarvio *Digital Farming Solutions* da Basf, permitindo uma tomada de decisão mais precisa e rápida pelos produtores, com redução de custos, aumento da produtividade e maior assertividade no manejo selecionado.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Plantas daninhas e sua importância

As plantas daninhas competem constantemente com as culturas agrícolas reduzindo sua capacidade produtiva, assim essas foram documentadas como pragas graves desde os tempos antigos, e a competição entre plantas se caracteriza quando duas ou mais plantas retiravam recursos necessários para sua sobrevivência, crescimento e desenvolvimento (Agostinetto et al.; 2008; Jabran et al., 2015; Jakubski et al., 2017; Zimdahl, 2018),

Na cultura da soja o desenvolvimento da planta é afetado de forma direta pela redução de recursos como água, luz e nutrientes, ocasionando baixa produtividade, de maneira geral, pode ser entendida como interespecífica ocorrendo em plantas de espécies diferentes e intraespecífica, com plantas da mesma espécie, e quanto maior a quantidade

de indivíduos infestantes, maior será a disputa de recursos (Braz et al., 2010; Jakubski et al., 2017)

A presença de plantas daninhas na agricultura tem ocasionado reduções significativas na produtividade das culturas, estimada a cerca de 13% na produção mundial de grãos. Um dos principais métodos de controle utilizado no passado se dava ao uso da enxada, que, como afirma São José (1944), produz trabalho demasiadamente lento e imperfeito, encarecendo a produção e diminuindo a competitividade (Galvão et al., 2015; Stiegelmeier et al., 2016).

Ao longo do tempo, ferramentas manuais desenvolvidas para o solo a fim de controlar plantas daninhas, foram substituídas por métodos químicos (herbicidas seletivos e de uso em pós-emergência) e outros meios modernos de controle, que em sua maioria realizados quando as plantas daninhas estão pouco desenvolvidas, minimizando o período de competição entre elas e a cultura, fazendo uso também de tecnologias transgênicas, com eventos para tolerância a herbicidas não seletivos, como o glifosato e o glufosinato de amônio, esses métodos de controle de plantas daninhas serviram para manter as infestações baixas e melhorar a produtividade das culturas em todo o mundo (Griepentrog; Dedousis, 2010; Bergin, 2011; Rueda-Ayala et al., 2011; Chauvel et al., 2012; Galvão et al., 2015; Jabran et al., 2015).

Embora as práticas de manejo de plantas resistentes a herbicidas tenham sido recomendadas aos produtores em diferentes regiões, há necessidade de identificar e priorizar aqueles que têm maior impacto na mitigação ou controle da pressão de seleção de herbicidas pelo uso desenfreado (Beckie; Harker et al., 2017). Segundo Montório (2001) a variação na composição bioquímica, entre espécies de plantas daninhas, associados às condições ambientais, são fatores que definem a seletividade e a eficácia de herbicidas. Assim, visando reduzir as perdas e impactos causados pelo uso de herbicidas (resistência), diversas estratégias de controle têm sido adotadas (Bertolucci et al., 2013; Stiegelmeier et al., 2016).

O crescente número de plantas resistentes demonstra os grandes impactos sociais, ambientais e riscos econômicos ao setor agrícola, e no ano de 2020 foram identificados na literatura quinhentos e doze casos comprovados de resistência a herbicidas (mecanismo de ação), em comparação aos cinco encontrados em 1975, como resultado

os produtores estão experimentando altos custos na produção e redução dos rendimentos (Jussaume et al., 2016).

2.2 (Vants) Veículos aéreos não tripulados no monitoramento de plantas daninhas

As plantas daninhas sempre foram motivos de frustração para a agricultura, e são o complexo de pragas que mais prejudica a capacidade da humanidade para produção de alimentos, tendo fracassado todas as tentativas para eliminá-las (Oerke, 2006; Vigueira et al., 2013; Owen, 2016).

Nas últimas décadas diversas táticas vêm sendo empregadas para resolver o problema com aparecimento de plantas daninhas resistentes, e o mimetismo bioquímico na forma de resistência evoluída a herbicidas de controle utilizados tem surgido (Delye et al., 2013; Mcelroy, 2014; Ward et al., 2014). Dadas as mudanças que ocorreram na agricultura a robótica aparece como alternativa ao manejo de pragas, particularmente para plantas daninhas, podendo ser a melhor opção futura, uma vez que alguns processos podem ser automatizados como a redução do uso de herbicidas em determinados locais, ou até mesmo totalmente manuais como o sistema de arranquio ou choque elétrico por máquinas autônomas (Prince et al. 2012).

O uso de robótica pode melhorar drasticamente a pontualidade de cada tática adotada para controle, além da redução da mão de obra e aumento da eficiência no tempo gasto em comparação as práticas atuais, no entanto, alguns aspectos tecnológicos devem ser melhorados, como, distinção das plantas daninhas entre si e da cultura, esforços em relação a reconhecimento espectral se mostraram promissores, mas a tecnologia ainda não está disponível, assim, o uso de drones para o manejo de plantas daninhas representa importante oportunidade para aumentar o campo de coleta de forma eficiente para a agricultura de produção atual (Owen, 2016).

Das técnicas em robóticas utilizadas na pesquisa sobre plantas daninhas hoje, uma das mais promissoras e inovadoras é o uso de Aeronaves remotamente pilotadas (RPAs ou drones) equipados com um sistema de percepção para o mapeamento de

plantas daninhas ou identificação, em comparação a outras plataformas remotas, como satélites ou aeronaves pilotadas, os RPAs podem operar em altitudes baixas, mesmo em dias nublados, e podem fornecer uma resolução espacial ultra-alta de todo o campo de colheita (Peña et al., 2015).

Existem algumas tecnologias atuais em desenvolvimento utilizadas para identificação de plantas daninhas, essas possuem capacidade de detectar e identificar potencialmente por gênero e espécies nas entrelinhas da cultura (Longchamps et al., 2012; Owen, 2016). Atualmente há uma série de sensores baseados em terra que podem permitir que as plantas daninhas sejam detectadas e avaliadas por nível de infestação (Peteinatos et al. 2014).

Estudos atuais com RPAs estão sendo conduzidos para melhorar a escolha do manejo a ser adotado, definindo-se o método de controle, seja ele cultural, mecânico, físico, biológico, químico ou integrado, além de permitir o uso das imagens obtidas por meio dos drones para avaliar eficiência do manejo químico efetuado, bem como, direcionar os locais de aplicação (Lelong et al., 2008).

Assim, demonstrando a eficiência dos drones, passíveis de uso em diversas etapas de manejo (Tabela 1), unindo essa tecnologia associada as informações com uma agricultura comercial madura, integrada nos sistemas de produção, igualando a quantidade de insumos que chegam nas propriedades às reais necessidades da cultura (Oliveira et al., 2020).

Tabela 1: Usabilidade de drones no manejo das culturas presentes no Brasil.

Modelo	Utilização	Referências
Phantom 4 Pro	Levantamentos Planialtimétricos	(Oliveira; Jesus, 2018)
Sx2	Criação de zonas de manejo	(Silva, 2018)
Phantom 4 Pro	Falha de plantio	(Wouters; Sebem, 2021)
Phantom 4 Advanced	Adubação	(Parreira et al., 2020)
Phantom 4 Advanced	Irrigação	(Arantes et al., 2020)

Phantom 4 Advanced

Pragas e doenças

(Tetila, 2019)

Phantom 4 Advanced

Estimativa de produtividade

(Abreu Júnior, 2019)



QRcode para direcionamento dos estudos citados na Tabela 1.

2.3 Banco de sementes de plantas daninhas

As plantas daninhas são pragas mais importantes nos agroecossistemas, causando consideráveis perdas econômicas na produção global que reduzem a quantidade e a qualidade da colheita. Os principais programas de controle de plantas daninhas na atualidade têm se concentrado principalmente no uso de produtos químicos, ajudando a seleção de biótipos de plantas resistentes a herbicidas e agravando as preocupações ambientais.

Dessa forma, os métodos integrados de manejo estão sendo amplamente indicados, os quais requerem profundo conhecimento da biologia e ecologia de plantas daninhas. Tornando o banco de sementes de plantas daninhas no solo importante assunto para pesquisadores e produtores rurais (Hosseini et al., 2014).

Segundo Norsworthy (2018) há grande valor em quantificar e identificar a produção de sementes de plantas daninhas. Pois, as recomendações de controle visual por meio da densidade de plantas e biomassa, não são indicadores suficientes na atualidade.

O banco de sementes de plantas daninhas é constituído por todos os diásporos viáveis presentes no solo. Em sua maioria possuindo um comportamento dinâmico, em decorrência dos constantes acréscimos (produção e dispersão) e perdas de sementes (predação, germinação e perda fisiológica da viabilidade), e sua estrutura está diretamente relacionada à diversidade e abundância das espécies que compõem as populações de plantas daninhas sobre o solo. As plantas daninhas mais adaptadas aos sistemas de cultivo conseguem dominar o banco de sementes por meio de poucas espécies de difícil controle (Braga et al., 2012; Krenchinski et al., 2015).

Alguns pesquisadores mensuraram a quantidade de sementes na primeira camada arável do solo em diferentes ecossistemas e localidades, dessa forma variando de 2.000 a 70.000 sementes por metro quadrado. E, essas são altamente heterogêneas e possuem variação na distribuição vertical, compreendendo em sua maioria de 70% a 90% por espécies dominantes (Johnson; Anderson, 1986; Wilson, 1988; Monquero; Christoffoleti, 2005).

Algumas pesquisas mostram que sistemas de cultivo com baixo revolvimento do solo, no longo e médio prazo, acabam por contribuir para a formação de banco de sementes mais numeroso e diversos no solo. Assim, no sistema plantio direto, a presença da palha de cultivos antecessores é importante para a inibição da ocorrência de algumas espécies daninhas, mas acaba favorecendo a ocorrência de outras (Concenço et al., 2011; Oliveira et al., 2018).

Torna-se necessária a obtenção de informações sobre a dinâmica dos bancos de sementes visando a melhoria das estratégias de manejo das plantas daninhas. Em que a maioria das comunidades de plantas anuais é regenerada por meio das sementes armazenadas no banco de sementes do solo. Sempre verificando as práticas culturais, uma vez que estas apresentam grande influência sobre os processos que envolvem o banco de sementes (sua composição e a densidade), além de regular o desenvolvimento das comunidades de plantas (Oliveira Jr et al., 2011; Oliveira et al., 2018).

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOSTINETTO, D.; RIGOLI, R. P.; GALON, L.; MORAES, P. V. D.; FONTANA, L. C. Competitividade relativa da soja em convivência com papuã (*Brachiaria plantaginea*). **Scientia Agraria**, v. 10, n. 3, p. 185-190, 2009.

BECKIE, H. J.; HARKER, K. N. Our top 10 herbicide-resistant weed management practices. **Pest management science**, v. 73, n. 6, p. 1045-1052, 2017.

BERGIN, D. Weed control options for coastal sand dunes: a review. **New Zealand Forest Research Institute LTD**, p. 5-13, 2011.

BERTOLUCCI, L. H.; COSTA, E. F.; OLIVEIRA, V. A.; PEREIRA, F. L.; KARAM, D. Herbicide dosage optimization model for weed control using the resistance

dynamics. In: **Modelling and Simulation (EUROSIM), 2013 8th EUROSIM Congress on. IEEE**, p. 220-225, 2013.

BRAZ , G. B. P.; CASSOL, G. M.; ORDOÑEZ, G. A. P.; SIMON, G. A.; OLIVEIRA PROCÓPIO, S.; OLIVEIRA NETO, A. M.; DAN, H. A. Componentes de produção e rendimento de soja em função da época de dessecação e do manejo em pós-emergência. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 9, n. 2, p. 63-72, 2010.

CHAUVEL, B.; GUILLEMIN, J.-P.; GASQUEZ, J.; GAUVRIT, C.; History of chemical weeding from 1944 to 2011 in France: changes and evolution of herbicide molecules. **Crop Prot.** 42, 320 e 326, 2012.

CONCENÇO, G.; SALTON, J. C.; BREVILIERI, R. C.; MENDES, P. B.; SECRETTI, M. L. Soil seed bank of plant species as a function of long-term soil management and sampled depth. **Planta Daninha**, v. 29, n. 4, p. 725-736, 2011a

DÉLYE, C.; JASIENIUK, M.; LE CORRE, V. Deciphering the evolution of herbicide resistance in weeds. **Trends in Genetics**, v. 29, n. 11, p. 649-658, 2013.

GALVÃO, J. C. C.; MIRANDA, G. V.; TROGELLO, E.; FRITSCHÉ-NETO, R. Sete décadas de evolução do sistema produtivo da cultura do milho. **Ceres**, v. 61, n. 7, 2015.

GRIEPENTROG, H. W.; DEDOUSIS, A. P. Mechanical weed control. In: **Soil Engineering**. Springer, Berlin, Heidelberg, 2010. p. 171-179.

HOSSEINI, P.; KARIMI, H.; BABAEI, S.; MASHHADI, HR; OVEISI, M. Banco de sementes de ervas daninhas afetado pela rotação e perturbação da cultura. **Crop Protection** , v. 64, p. 1-6, 2014.

JABRAN, K.; MAHAJAN, G.; SARDANA, V.; CHAUHAN, B. S. Allelopathy for weed control in agricultural systems. **Crop Protection**, v. 72, p. 57-65, 2015.

JAKUBSKI, J. D.; RANKRAPE, C. B.; CORRÊA, M. V.; MORAES, P. V. D. COMPETIÇÃO DE SOJA CULTIVAR TMG7262 COM PLANTAS DANINHAS. In: Congresso de Ciência e Tecnologia da UTFPR Câmpus Dois Vizinhos. p. 172-174, 2017.

JUSSAUME, J. R.; RAYMOND, A.; ERVIN, D. Understanding weed resistance as a wicked problem to improve weed management decisions. **Weed Science**, v. 64, n. sp1, p. 559-569, 2016.

KINUPP, V. F.; LORENZI, H. **Plantas alimentícias não convencionais (PANC) no Brasil: guia de identificação, aspectos nutricionais e receitas ilustradas**. Instituto Plantarum de Estudos da Flora Ltda, 2014.

KISSMANN, K.G.; GROTH, D. **Plantas Infestantes e Nocivas**. 2a edição. BASF. Tomos I (1997), II (1999) e III (2000).

LONGCHAMPS, L.; PANNETON, B.; SIMARD, M. J.; LEROUX, G. D. Could weed sensing in corn interrows result in efficient weed control?. **Weed Technology**, v. 26, n. 4, p. 649-656, 2012.

MCELROY, J. S. Vavilovian mimicry: Nikolai Vavilov and his little-known impact on weed science. **Weed science**, v. 62, n. 2, p. 207-216, 2014.

MONQUERO, P. A.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Banco de sementes de plantas daninhas e herbicidas como fator de seleção. **Bragantia**, v. 64, p. 203-209, 2005.

MONTÓRIO, G. A. **Eficiência dos surfatantes de uso agrícola na redução da tensão superficial**. Tese (Doutorado em Ciências Agrônomicas/Proteção de Plantas)-Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 72 f, 2001.

MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology**. 1974.

NORSWORTHY, J. K.; KORRES, N. E.; BAGAVATHIANNAN, M. V. Weed seedbank management: Revisiting how herbicides are evaluated. **Weed Science**, v. 66, n. 4, p. 415-417, 2018.

OERKE, E.-C. Crop losses to pests. **The Journal of Agricultural Science**, v. 144, n. 1, p. 31-43, 2006.

OLIVEIRA JR, R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba, Brasil: Omnipax, 2011.

OLIVEIRA, M. F.; Salton, J. C.; MATTOS, J. F.; DAMASCENO, C. D. O.; Concenço, G. Banco de sementes de plantas daninhas em distintos sistemas de manejo do solo após 12 anos. **Embrapa Milho e Sorgo-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2018.

OLIVEIRA, A. J.; DA SILVA, G. F.; SILVA, G. R.; SANTOS, A. A. C.; CALDEIRA, D. S. A.; VILARINHO, M. K. C.; OLIVEIRA, T. C. Potencialidades da utilização de drones na agricultura de precisão. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 9, p. 64140-64149, 2020.

OWEN, M. D. K. Diversas abordagens para o manejo de plantas daninhas resistentes a herbicidas. **Weed Science**, v. 64, n. sp1, p. 570-584, 2016.

PETEINATOS, G. G.; WEIS, M.; ANDÚJAR, D.; RUEDA AYALA, V.; GERHARDS, R. Potential use of ground-based sensor technologies for weed detection. **Pest management science**, v. 70, n. 2, p. 190-199, 2014.

PITELLI, R. A. Estudos fitossociológicos em comunidades infestantes de agroecossistemas. **J. Conserb**, v. 1, n. 2, p. 17, 2000.

PRINCE, J. M.; SHAW, D. R.; GIVENS, W. A.; NEWMAN, M. E.; OWEN, M. D.; WELLER, S. C.; JORDAN, D. L. Benchmark study: III. Survey on changing herbicide use patterns in glyphosate-resistant cropping systems. **Weed Technology**, v. 26, n. 3, p. 536-542, 2012.

RUEDA-AYALA, V. P.; RASMUSSEN, J.; GERHARDS, R.; FOURNAISE, N. E. The influence of post-emergence weed harrowing on selectivity, crop recovery and crop yield in different growth stages of winter wheat. **Weed research**, v. 51, n. 5, p. 478-488, 2011.

SÃO JOSÉ, A. S. O Milho: como produzi-lo melhor e mais barato. **Revista Ceres**, v. 5, p. 421-440, 1944.

STIEGELMEIER, E.; COSTA, L.; OLIVEIRA, V. Manejo de plantas daninhas: o problema econômico. **Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics**, v. 4, n. 1, 2016.

JOHNSON, R. G.; ANDERSON, R. C. Banco de sementes de uma pradaria de grama alta em Illinois. **American Midland Naturalist**, p. 123-130, 1986.

JUSSAUME, J. R.; RAYMOND, A.; ERVIN, Understanding weed resistance as a wicked problem to improve weed management decisions. **Weed Science**, v. 64, n. sp1, p. 559-569, 2016.

VIGUEIRA, C. C.; OLSEN, K. M.; CAICEDO, A. L. The red queen in the corn: agricultural weeds as models of rapid adaptive evolution. **Heredity**, v. 110, n. 4, p. 303, 2013.

WARD, S. M.; COUSENS, R. D.; BAGAVATHIANNAN, M. V.; BARNEY, J. N.; BECKIE, H. J.; BUSI, R.; GALLANDT, E. R. Agricultural weed research: a critique and two proposals. **Weed Science**, v. 62, n. 4, p. 672-678, 2014.

WILSON, R. G. **Biology of weed seeds in the soil**. 1988.

ZIMDAHL, R. L. **Fundamentals of weed science**. Academic Press, 2018.

4. OBJETIVOS

4.1 GERAL

Comparar a assertividade do método digital de identificação e quantificação da flora daninha em nível de família, gênero e espécie em relação ao método clássico em áreas comerciais produtoras de soja do sudoeste goiano, no estado de Goiás.

4.2 ESPECÍFICOS

- 1 Validar a tecnologia *xarvio Digital Farming Solutions* da Basf, que identifica e quantifica plantas daninhas via imagens obtidas com equipamentos de imageamento aéreo (Drone/RPAs);
- 2 Determinar a frequência, a densidade, banco de sementes, abundância da flora daninha e sua relação com a população total de infestantes em áreas comerciais produtoras de soja antes e depois do processo de dessecação das áreas para a safra 2017/2018;
- 3 Formação de recursos humanos, alunos de mestrado e IC;
- 4 Gerar dois artigos científicos.

5. CAPÍTULO I

(Normas de acordo com a Semina: Ciências Agrárias)

VALIDAÇÃO DIGITAL DE IMAGENS DE ALTA RESOLUÇÃO PARA IDENTIFICAÇÃO E BANCO DE SEMENTES DE PLANTAS DANINHAS EM ÁREAS COMERCIAIS DO SUDOESTE GOIANO

RESUMO: As plantas daninhas competem constantemente com as culturas agrícolas reduzindo sua capacidade produtiva. Dentre as práticas de produção agrícola, o manejo de plantas daninhas em pré e pós-emergência unido a ferramentas digitais visa evitar perdas de produtividade na lavoura. Assim, o objetivo deste trabalho foi estudar a identificação das plantas daninhas por meio de imagens e a quantificação do banco de sementes presentes no solo. O experimento foi realizado em área comerciais do sudoeste goiano-GO. A amostragem das imagens foi realizada em seis pontos amostrais presentes em 12 talhões para validação em campo e digital. As amostras de solo foram retiradas com o auxílio de uma espátula em uma profundidade de 15 cm da superfície e levadas para a casa de vegetação para emergência das plântulas. As espécies de daninhas foram analisadas por estatística descritiva para imagens e por parâmetros de ecologia. Para a identificação de plantas daninhas por imagens, foi constatada uma acertabilidade de 88%, quando comparada a metodologia de observação em campo. As famílias que apresentaram maior quantidade de indivíduos no campo foram Poaceae, com quatro espécies representantes, e Portulacaceae, com 14 indivíduos. A espécie em maior número de indivíduos encontrada no banco de sementes foi *Chamaesyce hirta* com total de 1741 plantas germinadas de 2581 ao longo dos 60 dias de avaliação, a segunda foi a *Eleusine indica* com 427, seguidas da *Cenchrus echinatus* com 109 indivíduos pertencentes à família Poaceae. Por meio desses dados o produtor pode direcionar seu manejo de daninhas, especialmente as espécies de maior incidência.

PALAVRAS-CHAVE: Sementeira, matologia, Poaceae, sensoriamento remoto, imageamento aéreo.

DIGITAL VALIDATION OF HIGH-RESOLUTION IMAGES FOR WEED IDENTIFICATION AND SEED BANK IN COMMERCIAL AREAS OF SOUTHWEST GOIANO

ABSTRACT: Weeds constantly compete with agricultural crops, reducing their productive capacity. Among agricultural production practices, pre- and post-emergence weed management,

together with digital tools, aims to avoid crop productivity losses. Thus, the objective of this work was the identification of weeds through images as well as the quantification of the seed bank present in the soil. The experiment was carried out in commercial areas in the southwest of Goiás-GO. The sampling of images was carried out through 6 sampling points present in 12 plots per field and digital validation. Soil samples were removed with the aid of a spatula at a depth of 15 cm from the surface then were taken to the greenhouse for seedling emergence. Weed species were analyzed by descriptive statistics for images and by ecology parameters. For the identification of weeds by images, an accuracy of 88% was found, when compared to the field observation methodology. The families with the highest number of individuals in the field were *Poaceae*, with four representative species, and *Portulacaceae*, with 14 individuals. The largest species found in the seed bank was *Chamaesyce hirta* with a total of 1741 germinated plants out of 2581 over the 60 days of evaluation, the second was *Eleusine indica* with 427, followed by *Cenchrus echinatus* with 109 individuals belonging to the *Poaceae* family. Through these data the producer can direct his weed management, especially the species with higher incidence.

Keywords: Sowing, matology, *Poaceae*, remote sensing, aerial imaging.

5.1 INTRODUÇÃO

As plantas daninhas são comumente conhecidas como indesejadas, e podem crescer nos campos em meio a lavoura, competindo pelos principais recursos para manutenção das plantas, como luz, água e espaço. Elas se desenvolvem e interferem diretamente no crescimento saudável das culturas, prejudicando a produtividade final na colheita (Spandana et al., 2020; Colbach et al., 2021; Shah et al., 2021).

Assim, dentre as práticas de produção agrícola, o manejo de plantas daninhas é de grande importância, visto que a interferência dessas plantas pode resultar em diversos prejuízos, como baixa produtividade final, além da menor qualidade do produto e / ou aumento dos custos de produção, diminuindo a competitividade de mercado do produto pós-colheita (Vitorino et al., 2017).

O estabelecimento de plantas daninhas em uma determinada região depende de uma variedade de fatores, tais como tipo de associação, práticas de manejo específicas das culturas adotadas e composição do banco de sementes, entre outros aspectos. Assim, a dinâmica das espécies pode variar dependendo da composição florística presente no campo, uma vez que, é

influenciada pelo tipo e intensidade das práticas de manejo adotadas na área de plantio (Lopes et al., 2021).

Isso pode levar a mudanças no tamanho da população e na distribuição de espécies dentro de cada talhão. Dessa forma, é imprescindível definir quais espécies de plantas daninhas se encontram na área, a fim de determinar a estratégia de controle mais eficaz e de mitigar as perdas causadas pela presença dessas plantas daninhas nos sistemas de cultivo (Chauhan, 2012; Albuquerque et al., 2013; Lopes et al., 2021).

Uma das maneiras mais utilizadas para controlar plantas daninhas no mundo e baseada na utilização de herbicidas, no entanto, o uso constante pode resultar em problemas no solo (fertilidade) e redução de microrganismos.

O primeiro passo para sucesso no manejo de plantas daninhas é a identificação, e na atualidade é possível encontrar sistemas capazes de realizar esse processo instantaneamente por meio de drones, utilizando a coleta de imagens da cultura extensivamente. Os produtores também são informados dos resultados da identificação e podem encontrar rapidamente a localização e número de plantas daninhas, estes sistemas também podem ajudar a monitorar o crescimento das culturas e reduzir os custos agrícolas (Liang et al., 2019).

A precisão da identificação manual tradicional de plantas daninhas depende de um trabalho oneroso visando a observação no campo. A correção das plantas daninhas muitas vezes é falha e pode não ser garantida, além do alto custo gerado pelo excesso de mão de obra. Recentemente, a tecnologia de processamento de imagem amadureceu gradualmente, dessa forma é factível utilizar esses métodos para obter imagens usando drones e identificar plantas específicas (incluindo plantas daninhas) por meio de reconhecimento de imagem ou aprendizado de máquinas (Lottes et al., 2018; Liang et al., 2019).

Segundo Pérez-Ortiz et al., 2016 e Bah et al., 2017 a precisão das imagens obtidas após voos de drones para identificação de plantas (seja por meio do aprendizado supervisionado ou não supervisionado) é afetado por muitos fatores ambientais, como, clima, velocidade do vento e iluminação.

No entanto, esses sistemas possuem capacidade de identificar grandes plantas exóticas invasoras com precisão superior a 90%. Isso revela que aplicar o aprendizado de máquina para identificação de plantas daninhas utilizando imagens de drones é viável.

A importância do levantamento das plantas daninhas é de possibilitar a decisão e o estabelecimento dos métodos de controle mais adequados - sejam eles cultural, mecânico, físico, biológico, químico ou de manejo integrado - e, ainda, estabelecer ordem de prioridade entre as espécies presentes para que seja determinado um programa de controle. Além de ser possível

estimar a dispersão das sementes no campo se baseando na localização das plantas amostradas (Kuva et al., 2007; Oliveira e Freitas, 2008; Gomes et al., 2010)

Uma forte característica das plantas daninhas é sua alta produção e dispersão de sementes, que contribui para que sejam persistentes no solo e perpetuem a sua espécie. Podem produzi-las em grandes quantidades, e em ambientes escassos de recursos naturais, assim, um dos meios de garantir a disseminação da espécie e a qualidade das sementes, é o banco de sementes (Diniz et al., 2017).

Qualifica-se como banco de sementes, a reserva de sementes viáveis presentes no solo em várias profundidades, tendo a função de regeneração natural das espécies ao longo dos anos, garantindo a perpetuação dessas espécies (Vasconcelos et al., 2012, Diniz et al., 2017).

A identificação das plantas por meio das imagens de drones e a ciência das sementes que estão no solo de uma área de produção, são relevantes para a definição do manejo de pré e pós-emergência nas culturas, nesse sentido, objetivou-se realizar a identificação das plantas daninhas por meio de imagens e quantificação do banco de sementes de plantas daninhas em área comerciais do sudoeste goiano-GO.

5.2 MATERIAIS E MÉTODOS

5.2.1 Área de estudo

A pesquisa foi realizada em talhões de áreas comerciais produtoras de soja, no estado de Goiás distribuídos no sudoeste goiano. A amostragem foi realizada preferencialmente no período da manhã visando padronizar o processo de coleta das imagens, identificação da flora daninha presente no campo e a coleta do solo para realização do banco de semente presente em 12 talhões distribuídos em 12 municípios (Figura 1).

Totalizando 6 pontos amostrais georreferenciados por campo (total de 12), obtidos por meio de GPS de navegação (Sistema de Posicionamento Global – Garmin etrex Touch 25). O levantamento de dados foi realizado antes da operação de dessecação de plantas daninhas para a semeadura da cultura da soja na safra 2017/2018, e 100% dos talhões são cultivados sob semeadura direta e aplicam de glifosato no mínimo duas vezes ao ano.

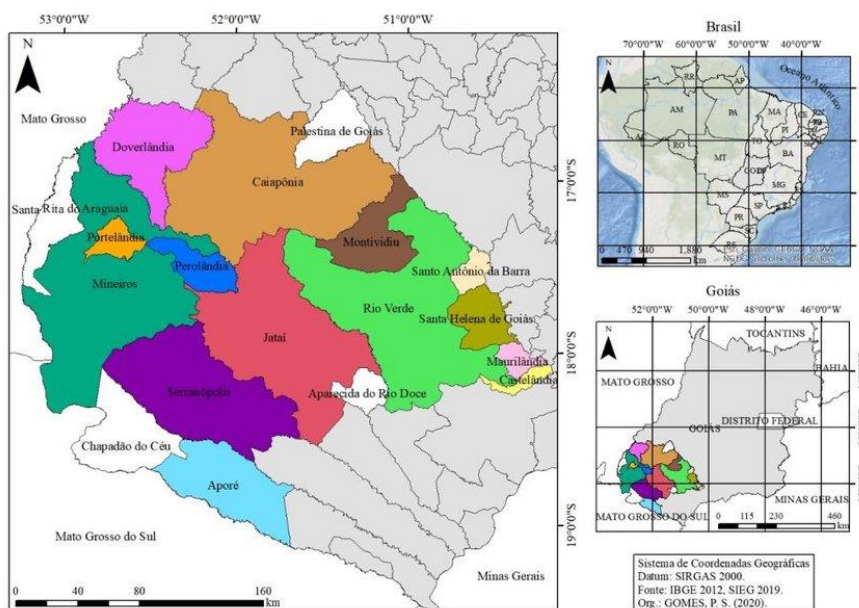


Figura 1- Representação da região sudoeste de Goiás, safra – 2019/20. Fonte: Galvão et al., 2020.

5.2.2 (RPAs) Aeronaves remotamente pilotadas e Processamento de imagens

Os registros foram realizados em forma de imagem a três metros de altura, e foi utilizado o modelo comercial de Quadricóptero Strix-Ag (Skydrones, Brasil) RPA (Aeronave remotamente pilotada) Classe 3, que possui a capacidade de manter automaticamente a posição com a velocidade do vento em até 13 m/s e voar para posições do GPS (waypoints) por si só. A navegação entre pontos de coleta é limitada ao máximo de 30 waypoints usando o software WeedScouting (Skydrones, Brasil), desenvolvido para coleta de imagens e decolagem, o pouso foi realizado de forma manual utilizando controle remoto.

O peso da RPA é de cerca de 3600 Kg com local para montar a câmera, bateria de lítio para alimentar os motores e o sistema de controle. O tempo de voo é a cerca de 15

minutos com carga útil, além de sensores para estabilidade e waypoint de voo. A navegação inclui giroscópio, acelerômetro, bússola, unidade GPS e sensor de altitude.

A operação de altitude variou de 2 a 120 m, regulamentos nacionais de aviação não permitem altitudes superiores nesta classe de RPA. Uma câmera RGB padrão (**ZENMUSE X3**) com capacidade de produzir fotos de 12 megapixels. Lentes com 9 elementos em 9 grupos, incluindo um elemento esférico, Sensor CMOS de 1/2.3 polegadas, Lente grande angular com campo de visão 94°, Amplitude de 360°, Gimbal de 3 eixos para imagens estáveis em todas as condições de voo e Distância focal de 20 mm, sem distorção ou fisheye look.

5.2.3 Levantamento florístico

A pesquisa foi realizada em talhões de áreas comerciais produtoras de soja, no município de Rio Verde, no estado de Goiás, que totalizam 12 talhões com sistema de plantio ou semeadura direta na palhada sem o revolvimento do solo, distribuídos no sudoeste goiano. A amostragem ocorreu realizada no período da manhã para coleta de material para identificação, imageamento e solo para formação do banco de semente.

A quantificação da flora daninha presente na área de estudo foi realizada por meio do método do quadrado-inventário. Em que um quadrado com dimensões de 50 x 50 cm foi lançado aleatoriamente 6 vezes em cada talhão e os pontos amostrais georreferenciados pelo sistema de posicionamento global para que o drone coletasse as imagens a cerca de 3 metros de altura em cada ponto determinado, no mesmo local onde foi realizada a identificação das espécies no campo.

Para a identificação das espécies encontradas no campo, foram utilizados os materiais bibliográficos de Kissmann; Groth, (1997, 1999 e 2000) e Kinupp e Lorenzi, (2014). Após os resultados obtidos na coleta a campo foram comparados com os resultados obtidos pelo imageamento aéreo proposto pela *Digital Farming Solutions*, e a identificação das imagens é realizada de forma sistemática adaptada para três níveis de identificação, em que o nível um representa (Dicotiledôneas (Magnoliopsida) e Monocotiledôneas (Classe Liliopsida)), nível dois (12 Famílias (Amaranthaceae, Asteraceae, Brassicaceae, Commelinaceae, Convolvulaceae, Cyperaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Malvaceae, Poaceae, Rubiaceae e Solanaceae)) e nível três (Espécie (com flor ou comprovação em fotos de campo (validação de campo))) (Figura 2).



Figura 2- Coleta e identificação, safra – 2017/18. Fonte: *Digital Farming Solutions*.

Posteriormente os resultados encontrados no levantamento fitossociológico foram comparados com os resultados obtidos pelo imageamento aéreo proposto pela *Digital Farming Solutions* e o grau de acerto evidenciado. Um analista verificava o conteúdo das fotos e realizava a identificação, dessa forma, quando a identificação no campo e nas fotografias chegavam ao mesmo resultado eram agrupados como acertos (100%). Quando apenas uma espécie era identificada na imagem, havendo mais de uma no campo, era agrupado como acertos parciais (50%). E, em caso de erro na identificação por fotos era separado ao grupo de erros (0%). Essa metodologia foi utilizada em todos os campos comparativos neste estudo.

5.2.4 Banco de sementes

Foi coletado o total de 6 amostras simples por talhão, dentro dos quadrados com dimensões de 50 x 50 cm lançados aleatoriamente em cada talhão, efetuando a limpeza da superfície do solo (cobertura vegetal) com o auxílio de uma enxada, sem perdas de solo, seguida da retirada da porção desejada em uma profundidade de 15 cm da superfície com uso de uma espátula. As amostras foram colocadas em balde plástico para homogeneização, efetuando a quebra de torrões e peneirada sem a eliminação das sementes e com o descarte dos restos vegetais.

Posteriormente, as amostras de 1 kg foram colocadas em bandejas plásticas (não perfuradas) com as seguintes dimensões: 15 cm de largura x 30 cm de comprimento x 06 cm de

altura. Adotou-se o delineamento inteiramente ao acaso (DIC), com 06 (seis) repetições por campo, nos 12 talhões avaliados em 4 épocas diferentes e regadas diariamente.

As amostras foram acondicionadas em casa vegetação garantindo a incidência do sol para propiciar a germinação e desenvolvimento das plântulas, proteção contra insetos e aves e para diminuir a incidência de chuva visando não encharcar as amostras de solo. Sistema de irrigação automático, acionado duas vezes por dia com duração de 2 minutos por vez

As avaliações para identificação e quantificação das espécies de plantas daninhas foram realizadas em quatro épocas (fluxos) de emergência: 15, 30, 45 e 60 dias após a implantação do ensaio para quantificação e identificação do banco de sementes, que caracterizam quatro avaliações. As plântulas emergidas foram contadas, e identificadas por espécie com o auxílio de bibliografias especializadas, tais como: Kissmann; Groth, (1997, 1999 e 2000) e Kinupp e Lorenzi, (2014).

Após cada avaliação, as plântulas foram removidas das bandejas e descartadas. Em cada coleta quinzenal era realizado o revolvimento do solo para estimular a próxima emergência. O número total de indivíduos por família foi utilizado para calcular os parâmetros: frequência, densidade, frequência relativa, densidade relativa e o índice de valor de importância. A frequência permitiu a avaliação de como as espécies estavam distribuídas nas parcelas, sendo assim, utilizou-se para Frequência a fórmula: $F = \text{NAe} / \text{NAt} \times 100 (\%)$, em que: NAe: número de amostras em que ocorreu uma determinada espécie e NAt: número total de amostragens efetuadas; e para Frequência relativa: $(\text{FR}) = \text{FAe} / \text{FAt} \times 100 (\%)$, sendo: FAe: a frequência absoluta de uma determinação espécie e FAt: frequência total das populações estudadas (Mueller-Dombois; Elleberg 1974, Diniz et al., 2017).

A densidade determina qual o índice de participação de uma espécie na comunidade infestante. Para o cálculo de Densidade Absoluta, utilizou-se a fórmula: $D = \text{Ne} / \text{NAe}$, sendo Ne: nº de indivíduos de uma espécie na amostragem e NAe: número total de parcelas que tiveram emergência; e para Densidade Relativa: $\text{DR} = \text{Ne} / \text{Nt} \times 100 (\%)$ (Curtis; McIntosh, 1950, Diniz et al., 2017). O índice de valor de importância demonstra quais espécies de maior importância na área estudada. O índice de valor de importância foi obtido pela soma de densidade relativa e frequência relativa, através da equação: $\text{IVI} = (\text{DR} + \text{FR})$ (Mueller-Dombois; Elleberg 1974, Diniz et al., 2017).

Para avaliar os dados obtidos de forma global em todos os campos, foi utilizada a análise estatística descritiva (média, mediana, moda, valores mínimo e máximo, desvio padrão,

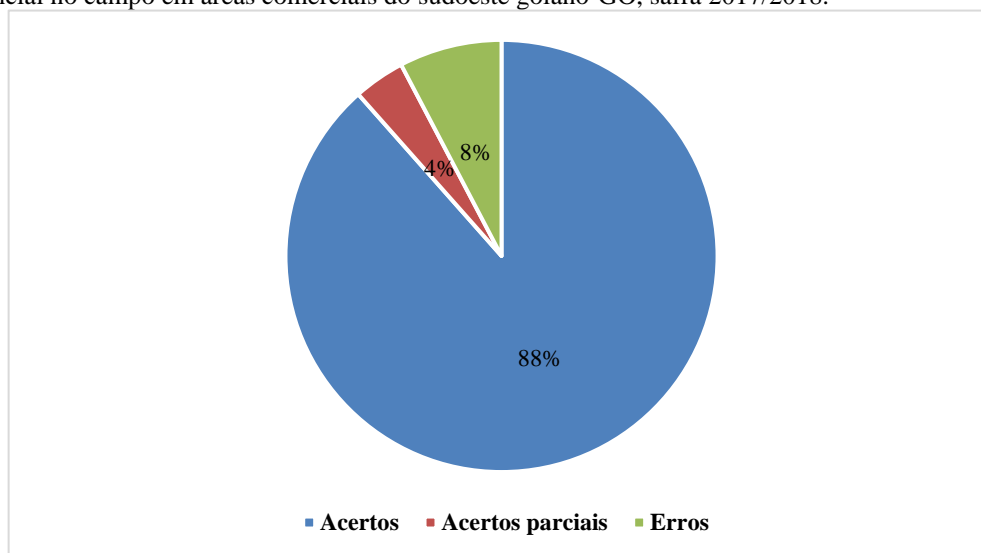
coeficiente de variação, curtose e assimetria) por meio de rotinas computacionais no software Sisvar.

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No estudo de identificação de plantas daninhas por imagens RGB obtidas através dos voos de drones, foi constatada uma acurácia de acertos de 88%, quando comparada a metodologia de observação em campo. E, o analista foi capaz de identificar as espécies presentes nas fotos dentro dos quadrados de 50x50, e obteve 8% de acertos parciais identificado apenas uma das espécies presentes (Figura 3).

Souza Sena et al., 2021 ao conduzir estudos sobre variabilidade espacial afirma que é possível realizar aplicações localizadas após identificação das plantas daninhas, levando em consideração a variabilidade espacial das plantas e fazendo uso de ferramentas tecnológicas utilizadas como agricultura de precisão e imagens de alta resolução, resultando na redução dos gastos com herbicidas e evitando vários problemas ambientais e residuais.

FIGURA 3. Demonstração da porcentagem de erros e acertos comparando a avaliação por imagem e presencial no campo em áreas comerciais do sudoeste goiano-GO, safra 2017/2018.



Na Tabela 1 está apresentada a análise descritiva dos atributos estudados. De acordo com alguns autores Pimentel Gomes e Garcia, (2002) e Ferreira et al., (2013), a variabilidade de um atributo pode ser classificada segundo a magnitude de seu coeficiente de variação (CV), sendo que estas classes foram determinadas como baixa ($CV \leq 10\%$), média ($10\% < CV < 20\%$), alta ($20\% < CV < 30\%$) e muito alta ($CV > 30\%$).

Assim, na análise descritiva dos atributos estudados foram observados altos valores do coeficiente de variação para o banco de sementes de plantas daninhas variando entre 0,02 a 1340,97%, comportamento esperado quando se determina parâmetros relativos à comunidade infestante, pela alta variabilidade das sementes no solo (Giancotti et al., 2010, Montanari et al., 2013).

Ao observar o valores do coeficiente de variação para as espécies identificadas no campo tem-se a variação de 0,02 a 4,17%. Os valores encontrados, possivelmente podem ter ocorrido porque as plantas daninhas por sua própria natureza já possuem um fluxo de germinação contínuo, ou seja, em alguns casos podem germinar durante todo o ano e também porque o uso de sistemas de plantio direto pode selecionar ou diminuir o banco de sementes, ou também alterar suas populações, tornando mais difícil encontrar a dependência espacial entre as espécies (Souza et al., 2021).

O teste de normalidade apresentado na Tabela 1 mostrou que tanto a identificação em campo, quanto o banco de semente apresentaram distribuição normal dos dados, tendendo a normalidade as monocotiledôneas dos dois sistemas de colheita e o restante não foi possível identificar a distribuição dos dados, caracterizando-as como indeterminadas, pelos elevados coeficientes de variação.

Tabela 1. Análise descritiva inicial das espécies de daninhas, identificadas no campo e presentes no banco de sementes provenientes de áreas comerciais do sudoeste goiano – GO, safra 2017/18.

Espécies	Valor					Coeficiente			Probabilidade do teste(a)	
	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão	Variação (%)	Curtose	Assimetria	Pr<w	DF
Avaliação 0 dias (campo)										
<i>Conyza sp.</i> (Buva)	0,00	0	0	0	0,000	0,00	0,000	0,000	0,000	NO
<i>Pennisetum setosum</i> (Capim Oferecido)	0,79	0	0	38	2,042	4,17	8,750	2,877	0,5928	NO
<i>Commelina Benghalensis L.</i> (Trapoeraba)	0,04	0	0	2	0,202	0,04	21,323	4,737	0,0586	NO
<i>Eleusine indica</i> (Capim Pé de Galinha)	0,15	0	0	7	0,714	0,51	23,457	4,896	0,0599	NO
<i>Chamaesyce hirta</i> (Erva de Santa Luzia)	0,04	0	0	2	0,202	0,04	15,047	4,737	0,0586	NO
<i>Digitaria insularis</i> (Capim Amargoso)	0,04	0	0	2	0,202	0,04	21,323	4,737	0,0586	NO
<i>Portulaca oleracea</i> (Beoldroega)	0,29	0	0	14	1,051	1,10	16,457	4,081	0,3052	NO
<i>Ipomoea purpurea</i> (Corda de Viola)	0,00	0	0	0	0,000	0,00	0,000	0,000	0,0000	NO
<i>Amaranthus sp.</i> (Caruru)	0,00	0	0	0	0,000	0,00	0,000	0,000	0,0000	NO
<i>Cenchrus echinatus</i> (Capim Carrapicho)	0,02	0	0	1	0,144	0,02	48,000	6,928	0,0419	NO
Avaliação 15 dias (Banco de sementes)										
<i>Conyza sp.</i> (Buva)	0,14	0	0	8	0,749	0,56	70,964	7,869	0,0980	NO
<i>Pennisetum setosum</i> (Capim Oferecido)	0,52	0	0	28	2,914	8,49	50,490	6,834	0,3811	NO
<i>Commelina Benghalensis L.</i> (Trapoeraba)	0,14	0	0	6	0,674	0,45	54,470	6,993	0,0882	NO
<i>Eleusine indica</i> (Capim Pé de Galinha)	1,77	0	0	119	8,808	77,59	141,288	11,021	1,1520	NO

<i>Chamaesyce hirta</i> (Erva de Santa Luzia)	8,63	0	0	160	23,044	531,02	14,038	3,602	3,0139	NO
<i>Digitaria insularis</i> (Capim Amargoso)	0,02	0	0	2	0,162	0,03	111,196	10,174	0,0212	NO
<i>Portulaca oleracea</i> (Beoldroega)	0,30	0	0	32	2,528	6,39	120,025	10,529	0,3306	NO
<i>Ipomoea purpurea</i> (Corda de Viola)	0,04	0	0	5	0,368	0,14	150,661	11,743	0,0482	NO
<i>Amaranthus sp.</i> (Caruru)	0,18	0	0	8	0,901	0,81	47,567	6,622	0,1179	NO
<i>Cenchrus echinatus</i> (Capim Carrapicho)	0,72	0	0	29	2,970	8,82	45,883	6,168	0,3884	NO
Avaliação 30 dias (Banco de sementes)										
<i>Conyza sp.</i> (Buva)	0,55	0	0	8	1,530	2,34	14,913	3,740	0,4491	NO
<i>Commelina Benghalensis L.</i> (Trapoceraba)	0,02	0	0	1	0,146	0,02	47,000	6,856	0,0428	NO
<i>Eleusine indica</i> (Capim Pé de Galinha)	1,19	0	0	12	2,856	8,16	8,231	2,938	0,8386	NO
<i>Chamaesyce hirta</i> (Erva de Santa Luzia)	4,60	0	0	44	10,329	106,68	8,578	2,996	3,0326	NO
<i>Portulaca oleracea</i> (Beoldroega)	0,43	0	0	17	2,483	6,16	46,012	6,753	0,7289	NO
<i>Ipomoea purpurea</i> (Corda de Viola)	0,02	0	0	1	0,146	0,02	47,000	6,856	0,0428	NO
<i>Amaranthus sp.</i> (Caruru)	0,17	0	0	3	0,564	0,32	15,577	3,832	0,1656	NO
Avaliação 45 dias (Banco de sementes)										
<i>Conyza sp.</i> (Buva)	0,09	0	0	2	0,408	0,17	20,819	4,683	0,1198	NO
<i>Pennisetum setosum</i> (Capim Oferecido)	0,06	0	0	1	0,247	0,06	12,110	3,687	0,0725	NO
<i>Commelina Benghalensis L.</i> (Trapoceraba)	0,02	0	0	1	0,146	0,02	47,000	6,856	0,0428	NO
<i>Eleusine indica</i> (Capim Pé de Galinha)	0,30	0	0	5	0,954	0,91	17,110	4,068	0,2800	NO
<i>chamaesyce hirta</i> (Erva de Santa Luzia)	26,83	10	0	160	36,619	1340,97	2,772	1,784	10,7518	NO
<i>Portulaca oleracea</i> (Beoldroega)	0,26	0	0	12	1,750	3,06	47,000	6,856	0,5139	NO
<i>Amaranthus sp.</i> (Caruru)	0,23	0	0	6	1,047	1,10	23,733	4,847	0,3074	NO
Avaliação 60 dias (Banco de sementes)										
<i>Conyza sp.</i> (Buva)	0,02	0	0	1	0,146	0,02	47,000	6,856	0,0428	NO
<i>Commelina Benghalensis L.</i> (Trapoceraba)	0,04	0	0	1	0,204	0,04	20,819	4,683	0,0599	NO
<i>Eleusine indica</i> (Capim Pé de Galinha)	0,04	0	0	1	0,204	0,04	20,819	4,683	0,0599	NO
<i>chamaesyce hirta</i> (Erva de Santa Luzia)	0,32	0	0	2	0,556	0,31	1,641	1,568	0,1632	NO
<i>Digitaria insularis</i> (Capim Amargoso)	0,04	0	0	1	0,204	0,04	20,819	4,683	0,0599	NO
<i>Portulaca oleracea</i> (Beoldroega)	0,06	0	0	1	0,247	0,06	12,110	3,687	0,0725	NO
<i>Ipomoea purpurea</i> (Corda de Viola)	0,04	0	0	2	0,292	0,09	47,000	6,856	0,0857	NO
<i>Amaranthus sp.</i> (Caruru)	0,06	0	0	1	0,247	0,06	12,110	3,687	0,0725	NO
<i>Cenchrus echinatus</i> (Capim Carrapicho)	0,04	0	0	1	0,204	0,04	20,819	4,683	0,0599	NO

(a) DF = distribuição de frequência, sendo NO, TN e IN respectivamente do tipo normal, tendendo à normal e indeterminada.

As famílias que apresentaram maior quantidade de indivíduos na identificação realizada no campo foram Poaceae, com quatro espécies representantes, e Portulacaceae, com 14 indivíduos. Cabral et al., (2013) em estudos na região sudoeste de Goiás constatou predominância de 41,03% por monocotiledôneas e 58,97% de dicotiledôneas, constituída por nove famílias botânicas e treze espécies, na qual a família Poaceae foi a mais diversificada dentre as espécies encontradas no agrossistema, resultado semelhante ao encontrado Rodrigues et al., (2010), em Botucatu (SP) e dados coletados nos talhões avaliados (Tabela 2). O analista teve dificuldade em

classificar algumas espécies, isso pode ter ocorrido pela qualidade da fotografia (altura de voo e resolução) ou por falta de detalhes como flores e características morfológicas de acordo com o estágio fenológico das plantas daninhas no campo.

TABELA 2. Relação das plantas daninhas distribuídas em famílias, número de indivíduos (NI), nome científico (NC) e nome popular (NP), encontradas em áreas comerciais do sudoeste goiano – GO, safra 2017/18.

Famílias	NI	NC	NP
Asteraceae	0	<i>Conyza sp.</i>	Buva
Poaceae	38	<i>Pennisetum setosum</i>	Capim Oferecido
Commelinaceae	2	<i>Commelina Benghalensis L.</i>	Trapoeraba
Poaceae	7	<i>Eleusine indica</i>	Capim Pé de Galinha
Euphorbiaceae	2	<i>chamaesyce hirta</i>	Erva de Santa Luzia
Poaceae	2	<i>Digitaria insularis</i>	Capim Amargoso
Portulacaceae	14	<i>Portulaca oleracea</i>	Beoldroega
Convolvulaceae	0	<i>Ipomoea purpurea</i>	Corda de Viola
Amaranthaceae	0	<i>Amaranthus sp.</i>	Caruru
Poaceae	1	<i>Cenchrus echinatus</i>	Capim Carrapicho
Total	66	-	-

A Figura 2 representa a quantidade de indivíduos que emergiram ao longo das quatro avaliações, nos primeiros 30 dias foi possível observar a redução na diversidade e no número de plantas emergidas, o que provavelmente se deu pela predominância de Poaceae. Dias et al., (2010), ao estudarem a competição entre uma espécie de Poaceae e uma de Commelinaceae, com a soja, constaram ocorrer diferenciação na habilidade competitiva das plantas daninhas, sendo que a primeira espécie mais competitiva que a cultura e a segunda similar.

A espécie em maior número encontradas no banco de sementes foi *Chamaesyce hirta* com total de 1741 plantas germinadas de 2581 ao longo dos 60 dias de avaliação, a segunda foi a *Eleusine indica* com 427, seguidas da *Cenchrus echinatus* com 109 indivíduos pertencentes à família Poaceae. Das espécies observadas, cuidados devem ser tomados com *C. hirta* e *E. indica* que poderão se tornar em pouco tempo grandes problemas nas áreas de produção de soja em Goiás, uma vez que foram os maiores números presentes no estudo.

Nesse contexto Vargas et al., (2013) afirmam que algumas espécies consideradas como de difícil controle merecem a atenção para evitar que se tornem um problema ainda mais sério. Nessa lista é possível identificar *C. hirta*, e, é importante salientar que mesmo sendo de difícil controle, não significa que uma planta tolerante ao herbicida não possa ser controlada.

Da mesma forma, Jalaludin e Powles, (2015) confirmaram o primeiro caso de resistência múltipla em os três herbicidas não seletivos no mundo, glufosinato, glifosato e paraquate ao avaliar *E. indica*. A mesma população também mostrou resistência do local-alvo a herbicidas

inibidores de ACCase, provavelmente devido à mutação Trp-2027-Cys. Aumentando a preocupação com essa espécie, pois ameaça o herbicida mais importante do mundo (glifosato) e sua alternativa de controle (glufosinato), uma vez que o paraquate está proibido em muitos países.

Entre 30 e 45 dias (Figura 2) observou-se grande aumento no número de indivíduos, apresentando na terceira avaliação (45 dias) o máximo de plantas emergidas durante o período avaliativo. Corroborando com os resultados encontrados por Lemes et al., 2021 em área de produção de grãos, nos quais a emergência de plantas daninhas teve maior predominância no período de 42 dias após implementação do estudo

Ocorrendo em seguida

decréscimo até atingir o mínimo de emergências no quarto fluxo. Isso pode ter ocorrido pela extração das plantas emergidas a cada fluxo, que diminuiu consideravelmente o número de sementes por bandeja. Fatores ambientais e práticas de cultivo podem ter influenciado diretamente o fluxo de emergência de plantas daninhas, como os fatores intrínsecos (período de dormência, longevidade e estágio de maturação), e condições edafoclimáticas (umidade, temperatura, disponibilidade de água), etc. (Albuquerque et al., 2021, Lemes et al., 2021).

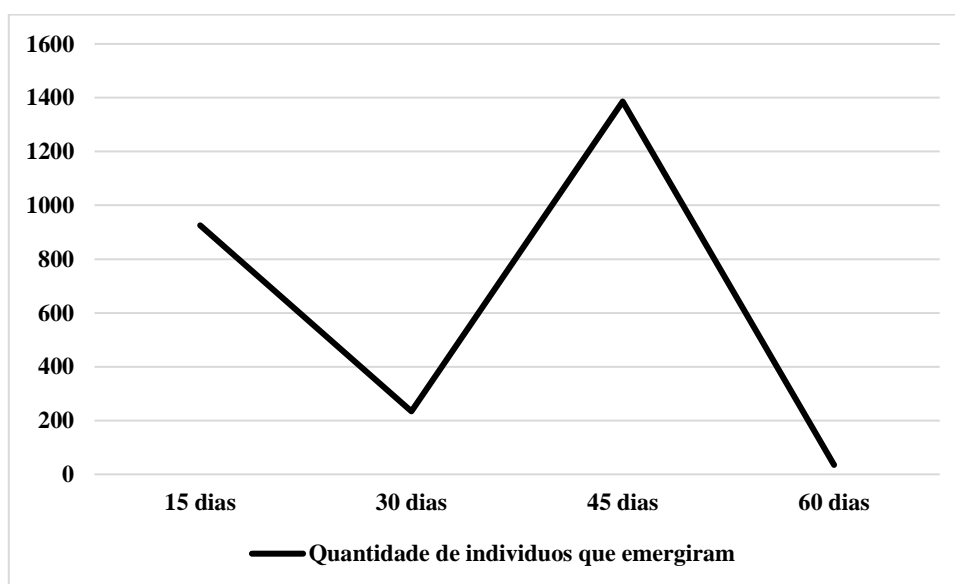


FIGURA 2. Demonstração do fluxo de emergência de plantas daninhas do banco de sementes em áreas comerciais do sudoeste goiano-GO, safra 2017/2018.

Na primeira avaliação, observou-se para os parâmetros estudados, o aparecimento de oito espécies, *Commelina benghalensis* L., *E. indica*, *C. hirta*, *Digitaria insularis*, *Portulaca oleracea*, *Ipomoea purpurea* *Amaranthus* sp. e *C. echinatus*, sendo a espécie *E. indica* de maior frequência

relativa (21,87%), densidade relativa (35,31%) e índice de valor de importância (IVI) 57,19, o que caracteriza a ocorrência da espécie de grande relevância nas áreas (Tabela 3).

TABELA 3. Relação das espécies encontradas na primeira avaliação (15 dias) do banco de sementes de áreas comerciais do sudoeste goiano – GO, safra 2017/18.

Espécies	NI*	F	D	Fr (%)	Dr (%)	IVI
<i>Conyza</i> sp.	0	0,00	0,00	0	0	0
<i>Pennisetum setosum</i>	0	0,00	0,00	0	0	0
<i>Commelina benghalensi</i> L.	23	0,50	5,75	12,5	2,48	14,98
<i>Eleusine indica</i>	327	0,88	46,71	21,875	35,31	57,19
<i>Chamaesyce hirta</i>	398	0,75	79,60	18,75	42,98	61,73
<i>Digitaria insularis</i>	2	0,25	2,00	6,25	0,22	6,47
<i>Portulaca oleracea</i>	34	0,38	11,33	9,375	3,67	13,05
<i>Ipomoea purpurea</i>	6	0,13	6,00	3,125	0,65	3,77
<i>Amaranthus</i> sp.	32	0,50	8,00	12,5	3,46	15,96
<i>Cenchrus echinatus</i>	104	0,63	26,00	15,625	11,23	26,86
Total	926	4,00	185,40	100,00	100,00	200,00

* Número de indivíduos (NI), Frequência absoluta (F), Densidade Absoluta (A), Frequência relativa (Fr), Densidade relativa (Dr) e Índice de valor de importância (IVI).

Na Tabela 4 está demonstrado os dados do segundo fluxo, nela é possível observar o surgimento das espécies *Conyza* sp. e *Pennisetum setosum*. com 23 e 52 indivíduos cada uma das espécies, que juntamente com *C. benghalensis* apresentaram F e Fr iguais apesar de NI ser diferente. Isso significa dizer que não possuíram diferença com relação as suas distribuições nas áreas de estudo.

Em trabalhos realizados por Vargas et al., (2018), foi observada redução de 59% do banco de sementes de buva em um ano. E, sementes alocadas em maior profundidade mantêm condições ambientais mais constantes, tendo maior vigor, podendo explicar o surgimento dessa espécie na segunda avaliação, após o revolvimento do solo durante o arranquio das espécies encontradas.

Além disso, as sementes sobreviventes possuem dormência secundária, independentemente da profundidade. Isso evidencia a necessidade de mudanças no manejo das plantas daninhas, tanto em sistemas de semeadura direta, como em sistemas convencionais, para definir um controle mais adequado. Na Tabela 4 é visível a redução do número de indivíduos após o arranquio na primeira avaliação, e aumento expressivo a Tabela 5 (Vargas et al., 2018).

Analisando de uma forma geral, o predomínio é da espécie *E. indica* em todos os parâmetros. Porém, nessa fase de análise quem apresentou maior estabilidade com relação a primeira análise foi *C. hirta*. com *Digitaria insularis* sob atenção pelas características de agressividade, competitividade, método de propagação e seu difícil controle como é demonstrado nos estudos realizados por Gazola et al. 2016.

TABELA 4. Relação das espécies encontradas na primeira avaliação (30 dias) do banco de sementes de

áreas comerciais do sudoeste goiano – GO, safra 2017/18.

Espécies	NI*	F	D	Fr (%)	Dr (%)	IVI
<i>Conyza sp.</i>	23	0,50	5,75	11,76	9,83	21,59
<i>Pennisetum setosum</i>	52	0,50	13,00	11,76	22,22	33,99
<i>Commelina Benghalensis L.</i>	13	0,50	6,50	11,76	5,56	17,32
<i>Eleusine indica</i>	84	0,88	14,00	20,59	35,90	56,49
<i>Chamaesyce hirta</i>	6	0,75	6,00	17,65	2,56	20,21
<i>Digitaria insularis</i>	8	0,25	4,00	5,88	3,42	9,30
<i>Portulaca oleracea</i>	12	0,38	4,00	8,82	5,13	13,95
<i>Ipomoea purpurea</i>	6	0,13	6,00	2,94	2,56	5,51
<i>Amaranthus sp.</i>	29	0,25	14,50	5,88	12,39	18,28
<i>Cenchrus echinatus</i>	1	0,13	1,00	2,94	0,43	3,37
Total	234	4,25	74,75	100,00	100,00	200,00

* Número de indivíduos (NI), Frequência absoluta (F), Densidade Absoluta (A), Frequência relativa (Fr), Densidade relativa (Dr) e Índice de valor de importância (IVI).

Observou-se que aos 45 dias, houve o maior fluxo de emergência e elevado número de representantes, destacando-se *C. hirta* com 1322 indivíduos (Tabela 5). Este resultado indica que esta espécie está bem representada nas áreas, devido sua ampla capacidade de multiplicação e adaptação em sistemas de semeadura direta (Isaac e Guimarães, 2008).

Vários distúrbios podem afetar as camadas do solo, como fertilização, rotação de cultura e impactar diretamente na variabilidade da população de sementes de plantas daninhas no solo, esse elevado número de indivíduos na terceira avaliação pode ser explicado pelo revolvimento do solo, e pelo arranquio de espécies mais agressivas, estas competindo diretamente por água, nutrientes e luz (Forte et al., 2018).

Nesse período foi possível identificar a redução no número de indivíduos na maioria das espécies, consequentemente a redução em suas densidades relativas. Exceto para *C. hirta* que teve sua F, Fr e NI mudadas drasticamente. Deixando claro sua dificuldade de competição com outras espécies no mesmo campo.

Com relação aos índices de valor de importância da espécie *E. indica*, permanece com o maior índice em segundo na Tabela 5, porém, nota-se aproximação considerável da espécie *P. setosum*, e bem significativa para *Conyza sp.*, isso implica dizer que a espécie apresentou crescimento significativo em todos os parâmetros já que o índice de importância é obtido através da soma deles. O elevado valor para o IVI de *E. indica* e indicado pela densidade relativa. Segundo Kismann (1997), essa espécie daninha é encontrada em quase todo o Brasil, atuando como hospedeira secundária de vários agentes patogênicos, portanto considerada uma das Poaceae infestantes mais importantes (Silva et al., 2014).

TABELA 5. Relação das espécies encontradas na primeira avaliação (45 dias) do banco de sementes de áreas comerciais do sudoeste goiano – GO, safra 2017/18.

Espécies	NI*	F	D	Fr (%)	Dr (%)	IVI
<i>Conyza sp.</i>	4	0,25	2,00	8,70	0,29	8,98
<i>Pennisetum setosum</i>	13	0,38	4,33	13,04	0,94	13,98
<i>Commelina Benghalensis L.</i>	1	0,13	1,00	4,35	0,07	4,42
<i>Eleusine indica</i>	14	0,50	3,50	17,39	1,01	18,40
<i>Chamaesyce hirta</i>	1322	1,00	165,25	34,78	95,38	130,17
<i>Digitaria insularis</i>	5	0,25	2,50	8,70	0,36	9,06
<i>Portulaca oleracea</i>	12	0,13	12,00	4,35	0,87	5,21
<i>Ipomoea purpurea</i>	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<i>Amaranthus sp.</i>	13	0,13	13,00	4,35	0,94	5,29
<i>Cenchrus echinatus</i>	2	0,13	2,00	4,35	0,14	4,49
Total	1386	2,88	205,58	100,00	100,00	200,00

* Número de indivíduos (NI), Frequência absoluta (F), Densidade Absoluta (A), Frequência relativa (Fr), Densidade relativa (Dr) e Índice de valor de importância (IVI).

Aos 60 dias, última avaliação, a emergência sofreu redução considerável, totalizando a menor quantidade de indivíduos, e a espécie *C. hirta* foi a mais representativa, seguida de *Conyza sp.*, e *P. oleracea* com IVI de 74,68 e 17,66 para as duas secundárias respectivamente Tabela 6. O processo de retirada das plântulas a cada avaliação e o revolvimento do solo, propicia a germinação de todas as sementes, o que aconteceria em uma área com manejo de revolvimento do solo (Diniz et al., 2017).

Com base em vários experimentos sobre banco de sementes no solo, pode-se concluir que a adoção de determinadas práticas de manejo das plantas daninhas podem demandar vários anos, as vezes décadas, para refletirem satisfatoriamente no banco de sementes do solo. Isto significa que áreas atualmente muito infestadas são resultantes de um manejo incorreto no passado, em que as práticas aplicadas permitiam a produção de sementes e multiplicação das espécies presentes e a utilização de um mesmo sistema de manejo de solo por vários anos consecutivos pode modificar a flora daninha e alterar o tamanho e a composição do banco de sementes presentes no solo (Concenco et al., 2011, Diniz et al., 2017).

TABELA 6. Relação das espécies encontradas na primeira avaliação (60 dias) do banco de sementes de áreas comerciais do sudoeste goiano – GO, safra 2017/18.

Espécies	NI*	F	D	Fr (%)	Dr (%)	IVI
<i>Conyza sp.</i>	3	0,25	1,50	9,09	8,57	17,66
<i>Pennisetum setosum</i>	1	0,13	1,00	4,55	2,86	7,40
<i>Commelina Benghalensis L.</i>	2	0,13	2,00	4,55	5,71	10,26
<i>Eleusine indica</i>	2	0,25	1,00	9,09	5,71	14,81
<i>Chamaesyce hirta</i>	15	0,88	2,14	31,82	42,86	74,68
<i>Digitaria insularis</i>	2	0,25	1,00	9,09	5,71	14,81
<i>Portulaca oleracea</i>	3	0,25	1,50	9,09	8,57	17,66

<i>Ipomoea purpurea</i>	2	0,13	2,00	4,55	5,71	10,26
<i>Amaranthus sp.</i>	3	0,25	1,50	9,09	8,57	17,66
<i>Cenchrus echinatus</i>	2	0,25	1,00	9,09	5,71	14,81
Total	35	2,75	14,64	100,00	100,00	200,00

* Número de indivíduos (NI), Frequência absoluta (F), Densidade Absoluta (A), Frequência relativa (Fr), Densidade relativa (Dr) e Índice de valor de importância (IVI).

5.4 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitem afirmar que as imagens RGB obtidas por meio de drones podem ser utilizadas para posterior treinamento (machine learning), uma vez que foram eficientes na validação com acurácia em acertos de 88% e 8% parcial, quando comparada a metodologia de observação em campo. As famílias que apresentaram maior predominância de indivíduos na identificação realizada no campo foram Poaceae, com quatro espécies representantes, e Portulacaceae, com 14 indivíduos. A espécie em maior número encontrada no banco de sementes foi *Chamaesyce hirta* com o total de 1741 plantas germinadas de 2581 ao longo dos 60 dias de avaliação, a segunda foi a *Eleusine indica* com 427, seguidas da *Cenchrus echinatus* com 109 indivíduos pertencentes à família Poaceae. Das espécies observadas, cuidados devem ser tomados com *C. hirta* e *E. indica* que poderão se tornar em pouco tempo grandes problemas nas áreas de produção de soja em Goiás, uma vez que foram os maiores números presentes no estudo. Através desses dados os produtores podem direcionar seu manejo de daninhas ao controle de plantas da família Poaceae e Portulacaceae, especialmente as espécies de maior incidência.

5.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FEBRAPDP Adoção do SPD de forma integral ainda é desafio. **Federação Brasileira do Sistema Plantio Direto**, 20, Julho, 2017. Disponível em <<https://febrapdp.org.br/noticias/301/adoCAo-do-spd-de-forma-integral-ainda-E-desafio>> . Acesso em: 13, dezembro, 2021.

Albuquerque, J. A. A.; Melo, A. K. P.; Santos, T. S.; Medeiros, R. D.; de Melo Gonçalves, A. C.; Bareto, G. F.; da Silva Carmo, I. L. G. Fitossociologia e características morfológicas de plantas daninhas sob plantas de cobertura consorciada com soja em plantio direto. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 6, p. 60248-60260, 2021.

Bah, M. D.; Hafiane, A.; Canals, R. Weeds detection in UAV imagery using SLIC and the hough transform. In: **2017 Seventh International Conference on Image Processing Theory, Tools and Applications (IPTA)**. IEEE, p. 1-6, 2017.

Montanari, R.; Mendonça, C. G.; Ferreira, E. C. A.; Possamai, A. C. S.; Dalchiavon, F. C. Espacialização do banco de sementes de plantas daninhas sob cana-de-açúcar em Rio Brillhante, MS. **III Simpósio de Geoestatística Aplicada em Ciências Agrárias**, Botucatu-SP, 2013.

Cabral, P. H. R.; Jakelaitis, A.; Cardoso, I. S.; Araújo, V. T. D.; Pedrini, E. C. F. Interferência de plantas daninhas na cultura do sorgo cultivado em safrinha. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 43, p. 308-314, 2013.

CHAUHAN, B.S. Weed ecology and weed management strategies for dry-seeded rice in Asia. **Weed Technology**, v.26, n.1, p.1-13, 2012

Colbach, N.; Colas, F.; Cordeau, S.; Maillot, T.; Queyrel, W.; Villerd, J.; Moreau, D. The FLORSYS crop-weed canopy model, a tool to investigate and promote agroecological weed management. **Field Crops Research**, v. 261, p. 108006, 2021.

Concenco, G.; Salton, J. C.; Ceccon, G. Dinâmica de plantas infestantes em sistemas de cultivo. **Embrapa Agropecuária Oeste-Documentos (INFOTECA-E)**, 2011.

Curtis, J. T.; Mcintosh, R. P. The interrelations of certain analytic and synthetic phytosociological characters. **Ecology**, v. 31, n. 3, p. 434-455, 1950.

Dias, A. C. R.; Carvalho, S. J. P.; Marcolini, L. W.; Melo, M. S. C.; Christoffoleti, P. J. Competitiveness of Alexandergrass or Bengal dayflower with soybean. **Planta Daninha**, v. 28, p. 515-522, 2010.

Diniz, K. D.; Macedo, N. C.; de França Portela, G.; Rezende, L. P. Banco de sementes de plantas daninhas em área de pastagem *Panicum maximum* Jacq. cultivar Mombaça no município de Balsas-MA. **Biodiversidade**, v. 16, n. 3, 2017.

Ferreira, E. C. A.; Mendonca, C. G. D.; Montanari, R., S.; Possamai, A. C. S.; Mendonca, C. G. D. Espacialização do banco de sementes de plantas daninhas sob diferentes manejos de cana-de-açúcar em Rio Brilhante, Mato Grosso do Sul. **Bioscience Journal**, p. 1458-1468, 2013.

Forte, C. T.; Galon, L.; Beutler, A. N.; Basso, F. J. M.; Nonemacher, F.; Reichert, F. W.; Tironi, S. P. Soil management systems and their effect on the weed seed bank. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, p. 435-442, 2018.

Galvão, L. B.; Silva Gomes, P.; Assis, N. A.; Amaral, A. V. C.; Souza Ramos, D. G.; Sousa S. D. B.; Meirelles-Bartoli, R. B. Análise da distribuição geográfica e caracterização soroepidemiológicas da leptospirose bovinos abatidos em frigoríficos do Sudoeste Goiano, Brasil. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, v. 9, n. 7, pág. e390974235-e390974235, 2020.

Gazola, T.; Belapart, D.; Castro, E. B.; Cipola Filho, M. L.; Dias, M. F. Características biológicas de *Digitaria insularis* que conferem sua resistência a herbicidas e opções de manejo. **Científica**, v. 44, n. 4, p. 557-567. 2016.

Giancotti, P. R. F.; Machado, M. H.; Yamauti, M. S. Período total de prevenção a interferência das plantas daninhas na cultura da alface cultivar Solaris. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, n. 1, p. 1299-1304, 2010.

GOMES JR, F. G.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Biologia e manejo de plantas daninhas em áreas de plantio direto. **Planta daninha**, v. 26, p. 789-798, 2008.

Gomes, G. L. G. C.; Ibrahim, F. N.; Macedo, G. L.; Nobrega, L. P.; Alves, E. Cadastramento fitossociológico de plantas daninhas na bananicultura. **Planta daninha**, v. 28, p. 61-68, 2010.

Isaac, R. A.; Guimarães, S. C. Banco de sementes e flora emergente de plantas daninhas. **Planta Daninha**, v. 26, p. 521-530, 2008.

Kinupp, V. F.; Lorenzi, H. **Plantas alimentícias não convencionais (PANC) no Brasil: guia de identificação, aspectos nutricionais e receitas ilustradas**. Instituto Plantarum de Estudos da Flora Ltda, 2014.

Kissmann, K.G.; Groth, D. **Plantas Infestantes e Nocivas**. 2a edição. BASF. Tomos I (1997), II (1999) e III (2000).

Jalaludin, A., Yu, Q.; Powles, S. B. Multiple resistance across glufosinate, glyphosate, paraquat and ACC ase-inhibiting herbicides in an *Eleusine indica* population. **Weed Research**, v. 55, n. 1, p. 82-89, 2015.

Johnson, R. G.; Anderson, R. C. The seed bank of a tallgrass prairie in Illinois. **American Midland Naturalist**, p. 123-130, 1986.

Lemes, L.; Araújo, A. C.; Trogello, E.; Reis, J. C. C.; Silva, B. B. Banco de sementes de plantas daninhas em diferentes sistemas produtivos, **Extensão Rural: práticas e pesquisas para o fortalecimento da agricultura familiar** – V. 2, C. 7, 2021

Liang, W. C.; Yang, Y. J.; Chao, C. M. Low-cost weed identification system using drones. In: **2019 Seventh International Symposium on Computing and Networking Workshops (CANDARW)**. IEEE, 2019. p. 260-263.

Lopes, C. C.; Oliveira Fontes, L.; Lazzarini, L. E. S.; de Freitas, F. C. L.; da Costa Filho, J. H.; de Sousa, E. R. Phytosociological survey of weed plants in soybean culture in the Gurguéia Valley. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 20, n. 1, p. 75-80, 2021.

Lottes, P.; Behley, J.; Milioto, A.; Stachniss, C. Fully convolutional networks with sequential information for robust crop and weed detection in precision farming. **IEEE Robotics and Automation Letters**, v. 3, n. 4, p. 2870-2877, 2018.

- Manly, B. F. J. *Multivariate statistical methods*. New York, Chapman and Hall, p. 159, 1986.
- Mueller-Dombois, D.; Ellenberg, H. *Objetivos e Métodos da Ecologia da Vegetação*. Wiley, New York, p 547, 1974.
- Oliveira, A. R.; Freitas, S. de P. Levantamento fitossociológico de plantas daninhas em áreas de produção de cana-de-açúcar. **Planta daninha**, v. 26, p. 33-46, 2008.
- Pérez-Ortiz, M.; Gutiérrez, P. A.; Peña, J. M.; Torres-Sánchez, J.; López-Granados, F.; Hervás-Martínez, C. Machine learning paradigms for weed mapping via unmanned aerial vehicles. In: **2016 IEEE symposium series on computational intelligence (SSCI)**. IEEE, p. 1-8, 2016.
- Pimentel-Gomes, F.; Garcia, C. H. **Estatística aplicada a experimentos agronômicos e florestais: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos**. Piracicaba: Fealq, 2002.
- Rodrigues, A. C. P.; Costa, N. V.; Cardoso, L. A.; Campos, C. F.; Martins, D. Períodos de interferência de plantas daninhas na cultura do sorgo. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 23-31, 2010.
- Shah, A. A.; Rehman, K. U.; Muhammad, M.; Abbas, M.; Khan, N.; Khan, S.; Gul, B. Composition and Phytosociological Studies of Weeds of Garlic (*Allium sativum*) Crop of District Bannu, Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan. **Elementary Education Online** , v. 20, n. 5, pág. 6863-6869, 2021.
- Silva, M. R. M.; Costa, E. A.; Marques, L. J. P.; Corrêa, M. J. P. Banco de sementes de plantas daninhas em áreas de cultivo de arroz de sequeiro na Pré-Amazônia Maranhense. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 57, n. 4, p. 351-357, 2014.

Souza Sena, M. F.; Júnior, O. S.; Lima, Í. C. S.; Dotto, M. C.; dos Santos, A. C. Variabilidade espacial de plantas daninhas em áreas sob diferentes usos agrícolas. **Revista Sítio Novo**, v. 5, n. 4, p. 21-36, 2021.

Spandana, D.; Ratna Kumar, P. K.; Indhu Keerthana, P. Diseased weeds and weed pathogens of paddy fields in Devarapalli Mandal, West Godavari District, Andhra Pradesh, India. **Journal of Research in Weed Science**, v. 3, n. 1, p. 36-47, 2020.

Vargas, L.; Agostinetto, D.; Gazziero, D.; Karam, D.; RÍOS, A. Resistência de plantas daninhas no Brasil: Histórico, custo, e o desafio do manejo no futuro. **Viabilidad del glifosato en sistemas productivos sustentables**, p. 99-110, 2013.

Vargas, A.; Agostinetto, D.; Zandoná, R.; Fraga, D.; Avila Neto, R. C. Longevidade do Banco de Sementes de Buva em Função da Profundidade de Enterrio. **Planta Daninha**, v. 36, 2018.

Vasconcelos, M. da C. C. De; Silva, A. F. A. da; Lima, R. da S. Interferência de Plantas Daninhas sobre Plantas Cultivadas. **Agropecuária Científica no Semi-árido**, v. 8, n. 1, p. 01-06, 2012.

Vitorino, H.D.S.; Silva Junior, A.C.D.; Gonçalves, C.G.; Martins, D. Interference of a weed community in the soybean crop in functions of sowing spacing. **Revista Ciência Agronômica**, v.48, n.4, p.605-613, 2017.

6. CAPÍTULO II

(Artigo aceito na revista Journal of Agricultural Science)

Identification of Weed Species in Commercial Soybean Areas by High-Resolution Drone Images

Abstract

Multispectral sensors onboard remotely piloted aircraft systems (RPAs) can be used for mapping and identifying weed species and preventing crop yield losses. The objective of this study was to identify and quantify weed species in soybean using high-resolution images obtained by an RPA. Soybean fields were photographed 33 times every 100 ha. Weed flora in 384 sampling areas was surveyed by aerial imaging in approximately 60.000 ha. Results on analysis of the community structure of the observed a total of 16 plant families and 52 species. Species from Asteraceae and Poaceae were the most numerous. Results of principal component analysis showed that the percentage of infestation and the number of species were positively correlated to the first component. The areas with the highest percentage of infestation had the highest diversity of species. However, the percentage of infestation and the number of species observed were not correlated with the area size. The survey of weeds by aerial imagery was efficient for identifying, quantifying, and mapping weeds in commercial agricultural areas and can be used in other studies and for the purposes of management in commercial areas.

Keywords: management, remote sensing, soybean, weed science.

6.1. Introduction

Weeds are a major yield-limiting problem in the production of fibers, food, and fuel worldwide. Several weed species can affect crop yield, quality of harvested products, mechanized harvest, and development of insect pests and diseases (Oerke 2006; Owen, 2016). Spatial distribution and diversity of weeds vary according to the species of cultivated plants, region, and adopted management methods (Jabeen and Ahmed, 2009; Vigueira et al., 2013; Iqbal et al., 2015). Weed control typically consists of frequent and systematic applications of chemical herbicides, which can pose a serious threat to sustainability (Geiger et al., 2010; Mcelroy, 2014). Continued use of herbicides can change weed communities, potentially selecting resistant weed biotypes (Owen, 2016; Silva et al., 2018).

The use of integrated management techniques for weed management can lead to more sustainable crop production and effective protection against crop yield losses. One of the most innovative techniques within smart weed management programs consists of using remotely piloted aircrafts (i.e., RPAs or drones). Multispectral sensors onboard RPAs can be used for mapping and identifying individual weed plants and species (Liakos et al., 2018). These RPAs can operate at low altitudes, even on cloudy days, and provide an ultra-high spatial resolution of the entire production area (Peña et al., 2015). Flight plans can be scheduled on-demand with great flexibility to collect remote images of crops at critical moments of competition. Thus, RPAs can be very useful instruments in farmers' decision-making for weed control in the correct location and time (Lelong et al., 2008).

The objective of this study was to identify and quantify weed species in soybean using high-resolution images obtained by an RPA.

6.2 Material and Methods

6.2.1 Study area

The study covered a large commercial soybean region of the state of Goiás, Brazil, representing 384 sampling areas distributed across 16 municipalities during 2017/18 summer growing season (Fig. 1). The size of the areas varied between 100 and 250 hectares. All evaluated sampling areas were cultivated with a no-till system and glyphosate application at least two times a year.

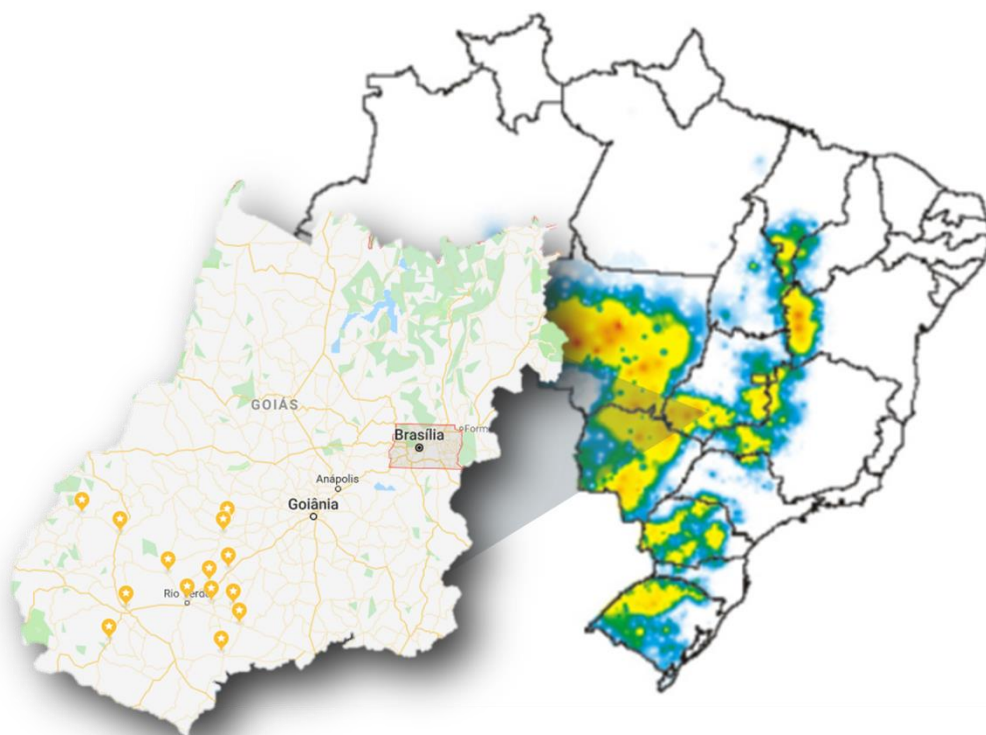


Fig. 1. Map of 16 municipalities in southwest Goiás, Brazil, used during the floristic survey of weeds in 384 sampling areas (colors in the underneath map represent soybean production intensity). Source: Google Maps and Bayer Cropscience.

6.2.2 Floristic survey of weed species

A total of 384 sampling areas were randomly photographed at 3 m of altitude using a commercial quadcopter RPA (Strix-Ag, Skydrones, Brazil). Single-shot images were obtained by setting the drone to fly 33 times every 100 ha using the WeedScouting software (Skydrones, Brazil). Images were recorded using a 12-megapixel RGB camera, 20 mm focal length, and without distortion or fisheye look (ZENMUSE X3). A 3-axis gimbal was used to stabilize the camera during photographs. Images were recorded between 8:00 am and 1:00 pm with up to 10% of cloud cover. Flights occurred before and after weed desiccation (i.e., around preparation for sowing soybean seeds). An analysis of the weed community structure was conducted up to species level. Weeds within every image were counted and identified by comparing with those described by Kissmann and Groth (1997, 1999, 2000) and Kinupp and Lorenzi (2014). The distribution of species by municipality and its relationship with precipitation, divided into ten-day periods,

from October to December, was generated to demonstrate the predominance of species through the amount of rainfall.

6.2.3 Whole-field classification of weed infestation

Fields were also flown by another RPA (eBee Classic, SenseFly, Brazil) using 70% photo lateral and frontal overlaps and the same 20-megapixel RGB camera. Ground sampling distance was 2.8 cm per pixel. The classification method used was that of machine learning developed by Basf Digital Farming Solutions, where the displacement of each weed could vary up to a maximum of 1 m and the final percentage was given at 10 cm per pixel. Supervised classification of the images was conducted by an analyst with knowledge in systematics and plant taxonomy. The collected database of plants, soil, straws, weeds, and non-weed pixels was separated for training (80%) and validation (20%). The analyst configured the algorithm to distinguish plants within the community based on pre-established statistical rules (Venturieri, 2007; Vale et al., 2018). The analyst selected representative training areas from each class by segmenting polygons by color and size on the video monitor. Several training areas were defined for the same class. The identification of the images was systematically conducted, adapted to three levels of taxonomic identification. Level one represents class and was comprised of Eudicotyledons (Class Magnoliopsida) and Monocotyledons (Class Liliopsida). Level two represents family and was comprised of 12 Families (Amaranthaceae, Asteraceae, Brassicaceae, Commelinaceae, Convolvulaceae, Cyperaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Malvaceae, Poaceae, Rubiaceae and Solanaceae). Level three represents species and was comprised of specimens with flower or field validation.

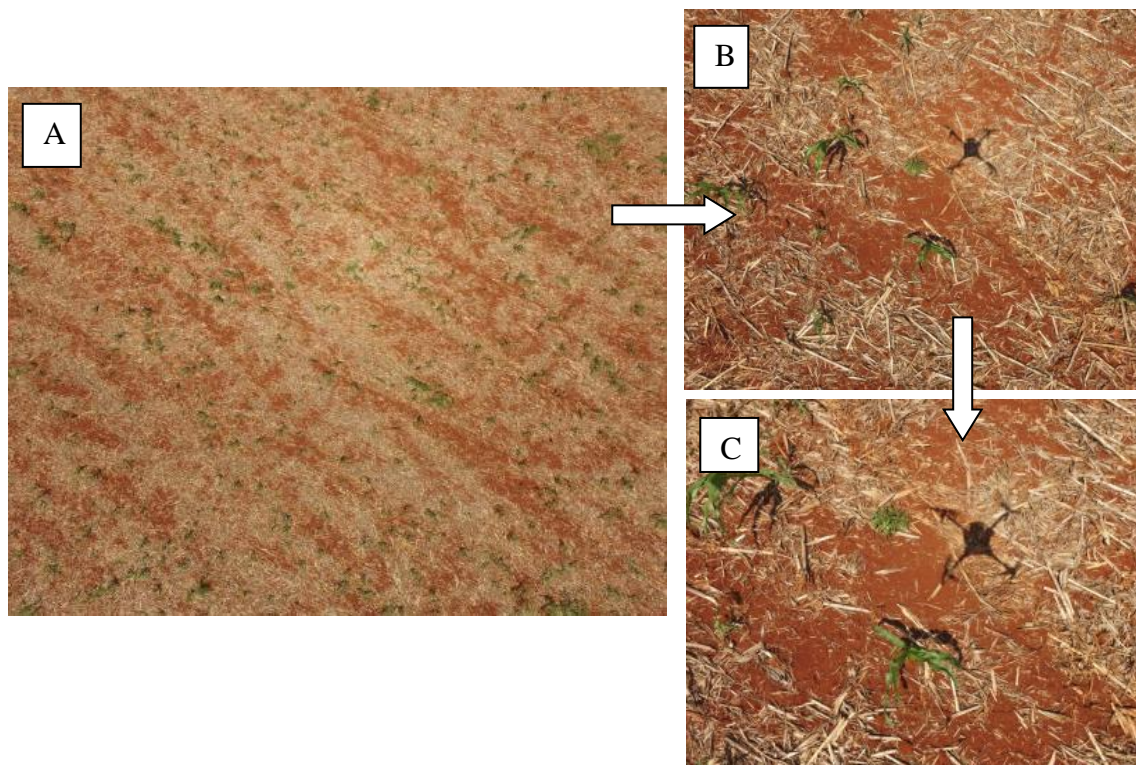


Fig. 2. Image collected for identification in commercial area (A), drone approach to capture the photo at 3 meters (B), Image enlarged for identification (C). Photos: Digital Farming 2017.

6.2.4 Univariate and multivariate statistical analyses

Data obtained were organized by order, family, and species of weeds. The frequency was recorded in more than ten plots. Pearson's correlation test was used to associate infestation level and rainfall. Cluster method was used to evaluate overall data using the interdependence technique to group the elements according to their structure, generating a principal component analysis (PCA). Cluster method was applied to evaluate the data using the interdependence technique to group the elements according to their structure, generating a principal component analysis (PCA), in order to explain the structure of variance and covariance, composed of p-random variables, through linear combinations of the original variables (Manly, 1986). The analyses of this study were carried out through computational routines implemented in R software 3.0.1 (R Development Core Team, 2018).

6.3. Results and Discussion

A total of 16 plant families and 52 species were identified. Ten species belonged to the family Asteraceae and 12 to the family Poaceae (Tab. 1 and Fig. 3). These two families typically represent most of the weed community in the state of Goiás (Silva et al., 2015). Poaceae and Asteraceae comprise more than 50% of the plant species in the world (Holm et al., 1997), which may contribute to the higher relative densities detected, consequently implying the highest phytosociological values observed for these families. Invasive plants considered secondary were represented by plants of the families Amaranthaceae, Euphorbiaceae, and Malvaceae. Lower representativeness was observed for the families Apocynaceae, Brassicaceae, Portulacaceae, Phyllanthaceae, Sapindaceae, Solanaceae, and Commelinaceae (Tab. 1). Several factors can influence weed diversity, including physical and biological variables, agronomic practices, soil tillage, crop rotation, and the use of herbicides (Silva et al., 2018).

Table 1. Floristic list of weed species in the southwest state of Goiás evaluated during the 2017/2018 growing season.

Class	Family	Species
Eudicotyledons	Amaranthaceae	<i>Alternanthera tenella</i> (joyweed), <i>Amaranthus deflexus</i> (perennial pigweed), <i>A. hybridus</i> (smooth pigweed), <i>A. retroflexus</i> (redroot pigweed), <i>A. viridis</i> (slender amaranth), <i>Chenopodium album</i> (fat hen)
	Apocynaceae	<i>Peschiera fuchsiaefolia</i> ("leiteiro")
	Asteraceae	<i>Acanthospermum hispidum</i> (bristly starbur), <i>Ageratum conyzoides</i> (tropic ageratum), <i>Bidens pilosa</i> (hairy beggarticks), <i>Chaptalia nutans</i> (língua-de-vaca), <i>Conyza bonariensis</i> (hairy fleabane), <i>C. sumatrensis</i> (sumatran flebane), <i>Emilia sonchifolia</i> (red tasselflower), <i>Gamochaeta coarctata</i> (gray everlasting), <i>Sonchus oleraceus</i> (annual sowthistle), <i>Tridax procumbens</i> (coat buttons)
	Brassicaceae	<i>Lepidium virginicum</i> (virginia pepperweed)
	Caricaceae	<i>Carica papaya</i> (papaya)
	Convolvulaceae	<i>Ipomoea</i> spp. (morning glory)
	Euphorbiaceae	<i>Euphorbia heterophylla</i> (wild poinsettia)
	Fabaceae	<i>Crotalaria spectabilis</i> (showy crotalaria), <i>Glycine max</i> (soybean), <i>Senna obtusifolia</i> (sicklepod), <i>S. occidentalis</i> (coffee senna)
	Lythraceae	<i>Cuphea hyssopifolia</i> (false heather)

Malvaceae	<i>Malvastrum coromandelianum</i> (false mallow), <i>Sida cordifolia</i> (flannel weed), <i>S. glaziovii</i> (guanxuma-branca), <i>S. spinosa</i> (prickly sida).
Melastomataceae	<i>Clidemia hirta</i> (koster's curse)
Phyllanthaceae	<i>Phyllanthus tenellus</i> (long-stalked phyllanthus)
Portulacaceae	<i>Portulaca oleracea</i> (common purslan)
Rubiaceae	<i>Borreria latifolia</i> (broadleaf buttonweed), <i>Richardia brasiliensis</i> (Brazil pusley), <i>Spermacoce verticillate</i> (shrubby false buttonwood)
Sapindaceae	<i>Cardiospermum halicacabum</i> (balloon vine)
Solanaceae	<i>Nicandra physaloides</i> (apple of Peru)
Commelinaceae	<i>Commelina benghalensis</i> (wandering jew)
Cyperaceae	<i>Cyperus iria</i> (rice flatsedge), <i>C. rotundus</i> (purple nutsedge).
Monocotyledons	<i>Brachiaria decumbens</i> (signalgrass), <i>Cenchrus echinatus</i> (southern sandbur), <i>Digitaria insularis</i> (sourgrass), <i>Eleusine indica</i> (goosegrass), <i>Melinis repens</i> (natal redtop), <i>Panicum maximum</i> (guineagrass), <i>Pennisetum setosum</i> (mission grass), <i>Rottboellia cochinchinensis</i> (itchgrass), <i>Saccharum officinarum</i> (sugarcane), <i>Sorghum halepense</i> (johnsongrass), <i>Urochloa plantaginea</i> (marmeladegrass), <i>Zea mays</i> (maize)
Poaceae	

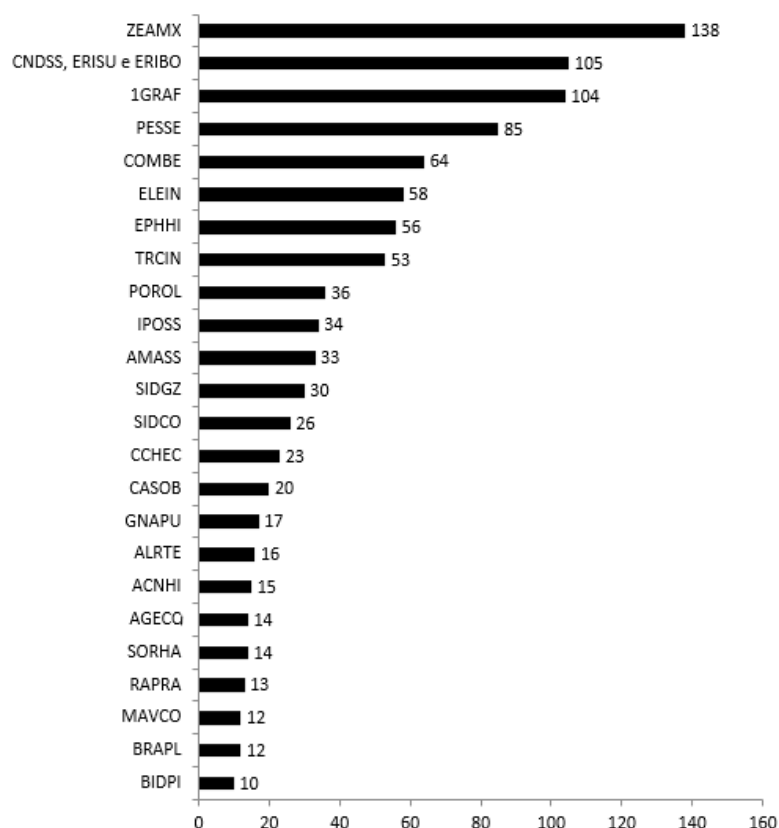


Fig. 3. Species and Family (EPPO code Global, 2019) found in 384 sampling areas in the southwest state of Goiás, 2017/2018 season. ZEAMX: *Zea mays*; CNDSS: *Conyza* sp.; ERISU: *C. sumatrensis*; ERIBO: *C. bonariensis*; 1GRAF: Poaceae; PESSE: *Pennisetum setosum*; COMBE: *Commelina benghalensis*;

ELEIN: *Eleusine indica*; EPHHI *Euphorbia hirta*; TRCIN: *Digitaria insularis*; POROL: *Portulaca oleracea*; IPOSS: *Ipomea* sp.; AMASS: *Amaranthus* sp.; SIDGZ: *Sida glaziovii*; SIDCO: *S. cordifolia*; CCHEC: *Cenchrus echinatus*; CASOB: *Senna obtusifolia*; GNAPU: *Gamochaeta coarctata*; ALRFI: *Alternanthera tenella*; ACHNI: *Acanthospermum hispidum*; AGECO: *Ageratum conyzoides*; SORHA: *Sorghum halepense*; RAPRA: *Raphanus raphanistrum* ; MAVCO: *Malvastrum coromandelianum*; BRAPL: *Urochloa plantaginea*; BIDPI: *Bidens pilosa*.

The high number of weed plants indicated a failure in weed management, including resistance of weeds to improperly used herbicides, applications in inadequate environmental conditions, or lack of integrated control (Bianchi et al., 2006). However, the number of weed species seemed to be lower than that of previous years (Santos et al., 2018). Low diversity is typically a result of monoculture with a strong dependence on chemical herbicides, which can impose a strong selection pressure for resistant weed plants. Therefore, diversifying the selection of control methods in this region may prevent the dominance of one or few weed species (Neve et al., 2018). Main weed species observed in sampling areas were *Z. mays*, *Conyza* sp., *P. setosum*, *C. benghalensis*, *E. indica*, *D. insularis*, *Ipomea* sp. and *Amaranthus* spp. (Tab. 2). These species are commonly found in phytosociological surveys of weeds (López-Ovejero et al., 2016, Gazola et al., 2016; Minozzi et al., 2017; Ovejero et al., 2017; Almeida et al., 2017; Santos et al., 2018; Souza and Lacerda et al., 2019). *Conyza* sp., *D. insularis*, *E. indica*, *C. benghalensis*, and *E. heterophylla* occurred in low frequency (Fig. 3), but are important to be considered in weed management because of the several herbicide-resistant biotypes reported throughout the world and transmission of the maize mosaic polyvirus (Heap, 2009; Perotti et al., 2019). Constant weed monitoring is important for preventing economic losses from these highly adapted weed species.

The coexistence of volunteer corn plants can cause direct and indirect crop yield losses by up to 70% (Deen et al., 2006). Volunteer corn also has a staggering germ flow that prevents localized control methods. Volunteer corn was the weed most frequently observed in the sampled areas. It was recorded in 138 out of the 384 sampling areas (Fig. 3). Soybean produced in Brazil is predominantly sown over the straws of the previous crop. The straws generally come from corn. The highest incidence of volunteer corn occurred in São João da Paraúna, Acreúna and Serranópolis (Fig. 5). These municipalities typically invest lesser in human and crop resources, typically with a succession between soybean and corn only. Glyphosate-resistant plants are difficult to control in these municipalities because of the limited chemical alternatives for desiccation in no-till systems (Karam, 2007, Alvarenga et al., 2018).

Water stored in the soil and protected by straws is one of the most important resources for weeds and crops. The competition may cause stress and ultimately reduce growth and crop yield (Rizzardi et al., 2001). The great variability of species identified in the three ten-day periods according to rainfall, through uniformity in the initial period of the growing season (Fig. 4). The highest frequency of species observed in the ten-day periods in Caiapônia, Montividiu and Rio Verde, are found those belonging to the family Poaceae, however, it was not possible to identify up to the species level of each microregion according to the increase in rainfall per ten-day period. Rainfall can be indicated as an agent of the great variability of species identified in the three ten-day periods, using uniformity in the initial period of the growing season (Fig. 4). Making clear the importance of further studies on the separation in the volume of weeds in soybean sowing.

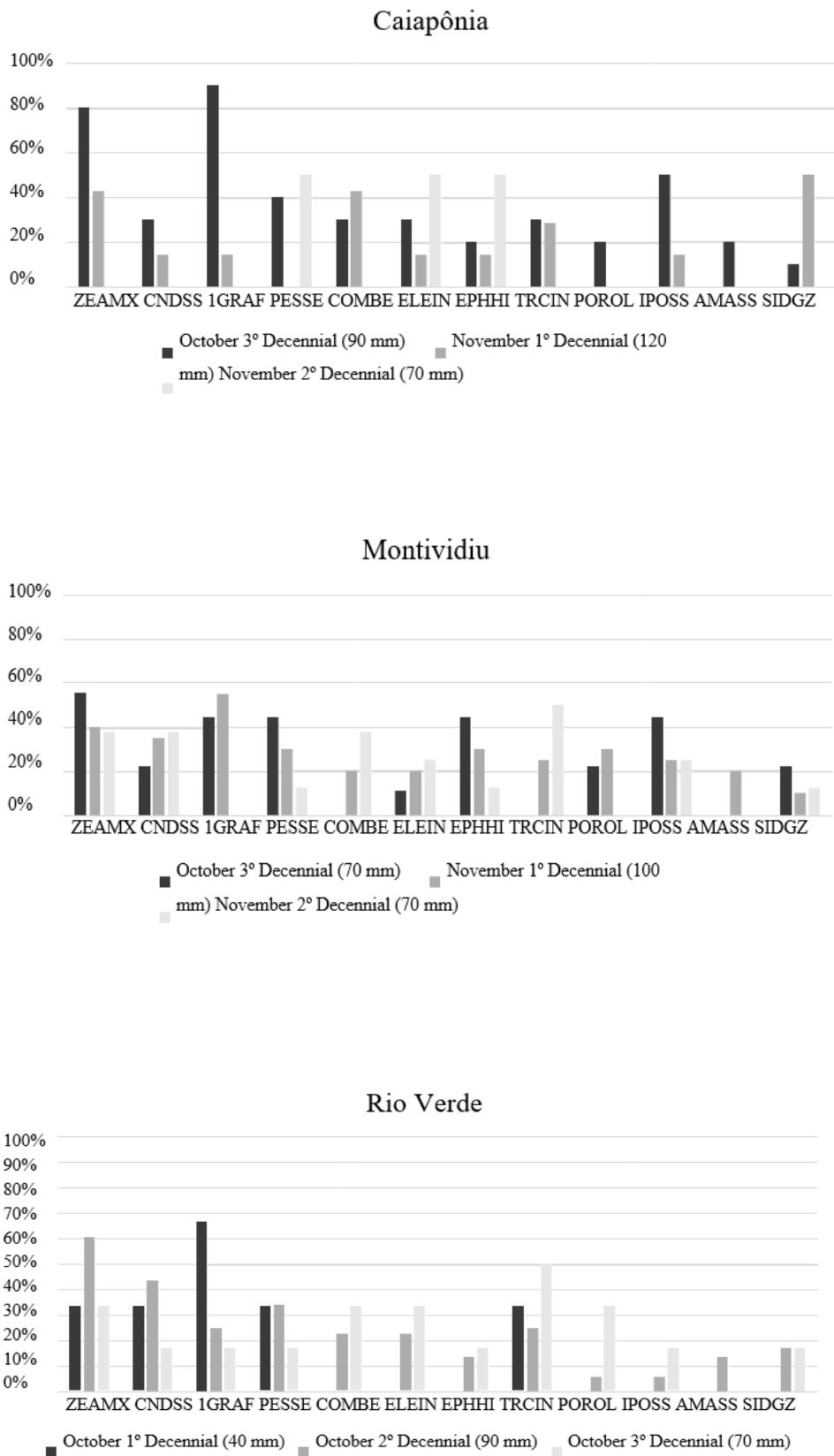


Fig. 4. Occurrence of weed plants (EPPO code Global, 2019) (x-axis) prevalent according to rainfall (y-axis), following the planting calendar of producers from Caiapônia, Montividiu and Rio Verde, 2017/2018

agricultural harvest. ZEAMX: *Zea mays*; CNDSS: *Conyza* sp.; 1GRAF: Poaceae; PESSE: *Pennisetum setosum*; COMBE: *Commelina benghalensis*; ELEIN: *Eleusine indica*; EPHHI *Euphorbia hirta*; TRCIN: *Digitaria insularis*; POROL: *Portulaca oleracea*; IPOSS: *Ipomea* sp.; AMASS: *Amaranthus* sp.; SIDGZ: *Sida glaziovii*.

In the municipalities of Acreúna, Jatai, Quirinópolis, São João da Paraúna, and Turvelândia, species showing high infestation in the evaluated fields were *Conyza* sp., *Amaranthus* sp., *Ipomea* sp., *C. hirta*, *C. benghalensis*, *S. glaziovii*, *P. oleracea*, with an increase in the percentage of individuals per species only in the first ten-day period and a reduction in the two following ten-day periods. In Acreúna and São João da Paraúna, some poaceae species were superior to the other species, this may have occurred due to the initial cumulative rainfall of 70 mm in the first evaluation.

In Castelândia, Doverlândia, Paraúna, Santa Helena de Goiás, Santo Antônio da Barra and Serranópolis, evaluations were carried out only in the first ten-day period following the planting window of the monitored farmers. There was a greater variety of species in the municipalities of Paraúna, Doverlândia, Santa Helena de Goiás and Serranópolis. With a high number of species of the families Poaceae, Amaranthaceae, Asteraceae and Euphorbiaceae.

In the municipalities of Castelândia and Santo Antônio da Barra, there was a difference in plant density in the other municipalities, in which the predominant families were Poaceae and Asteraceae. This occurrence of low species incidence in both municipalities was higher, favoring the development of more aggressive species such as Poaceae.

In the municipalities of Palminópolis and Porteirão, there was a greater predominance of the family Poaceae, with only one species of Convolvulaceae (*Ipomoea* sp.) among the sampling areas.

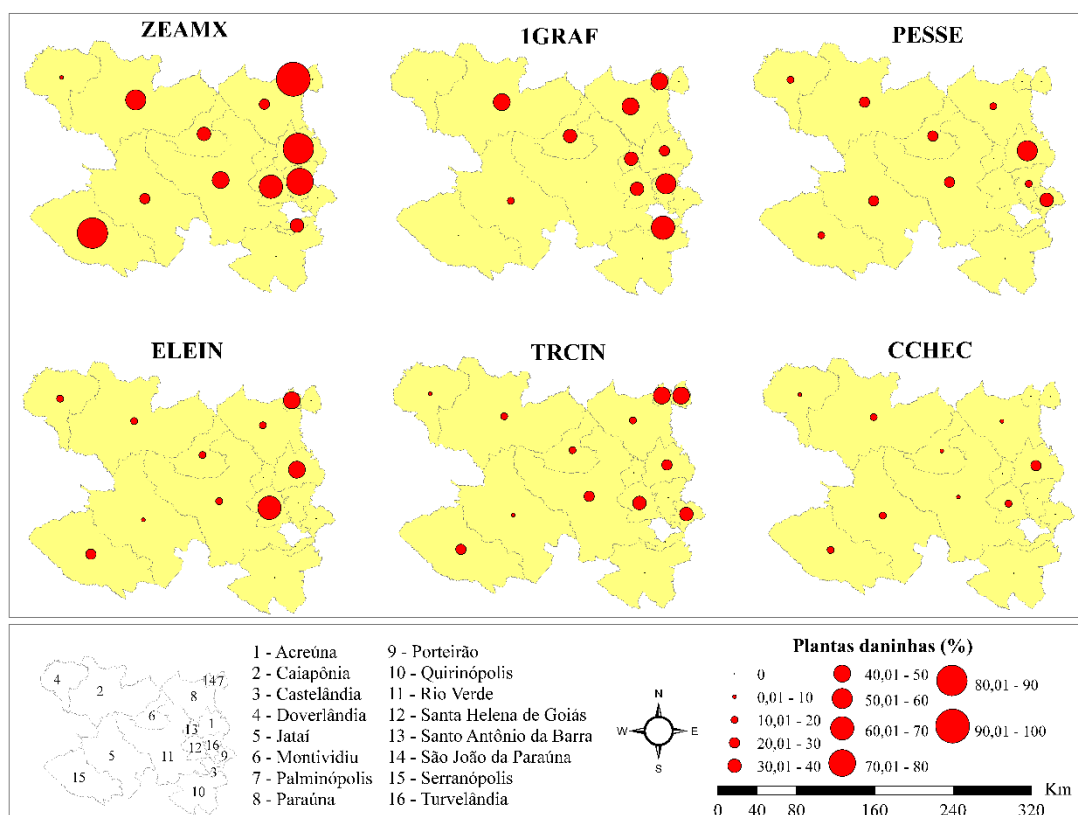


Fig. 5. Occurrence of the six predominant monocotyledonous weed species (EPPO code Global, 2019), according to the collection municipality, following the planting calendar of producers in southwest state of Goiás, 2017/2018 growing season.

Higher percentages of ELEIN incidence were found in Santa Helena de Goiás, Acreúna and São João da Paraúna (Fig. 5). Higher percentages of TRCIN infestations were found in the municipalities of São João da Paraúna and Palminópolis, in which biotypes of this species have already been identified with a record of resistance to glyphosate (Melo et al., 2015).

Thus, it is suspected that the high incidence of this species in these two municipalities may be the result of the exclusive use of glyphosate, even after low efficiency in control, combined with the presence of resistant individuals, favorable climate for the development of this infesting species and the dispersal capacity of propagules, since both municipalities are neighbors (Zobiolo et al., 2016).

For PESSE, there was a higher percentage of infestation in the municipality of Acreúna. Higher incidence of grass offered in crops in this region may be related to the selection of resistant biotypes by the routine use of glyphosate and to climatic conditions, whose species is widely adapted (Silva and Silva, 2007). Timossi et al. (2016) indicated the occurrence of failures in the control of this species in the southwest state of Goiás, when tembotrione was used, whereas they were successful with the use of nicosulfuron.

Weeds present in the family Poaceae (1GRAF) demonstrate a higher percentage of infestation in the municipality of Castelândia (60.01 to 70.00%), followed by the municipalities of Turvelândia (50.01 to 60.00), São João da Paraúna, Paraúna and Caiapônia (40.01 to 50.00%). The greatest infestation of these in the municipality of Castelândia was registered in the 3rd ten-day period, with a cumulative rainfall of 120 mm, corroborating Corrêa et al. (2010) in Castelândia for individuals of the family Poaceae.

It was noticeable the difficulty in adapting and developing PESSE in relation to the other species, due to the low infestation recorded, which can be explained by the production system used in these regions, including reduced soil tillage techniques (Rosa-Filho et al., 2018).

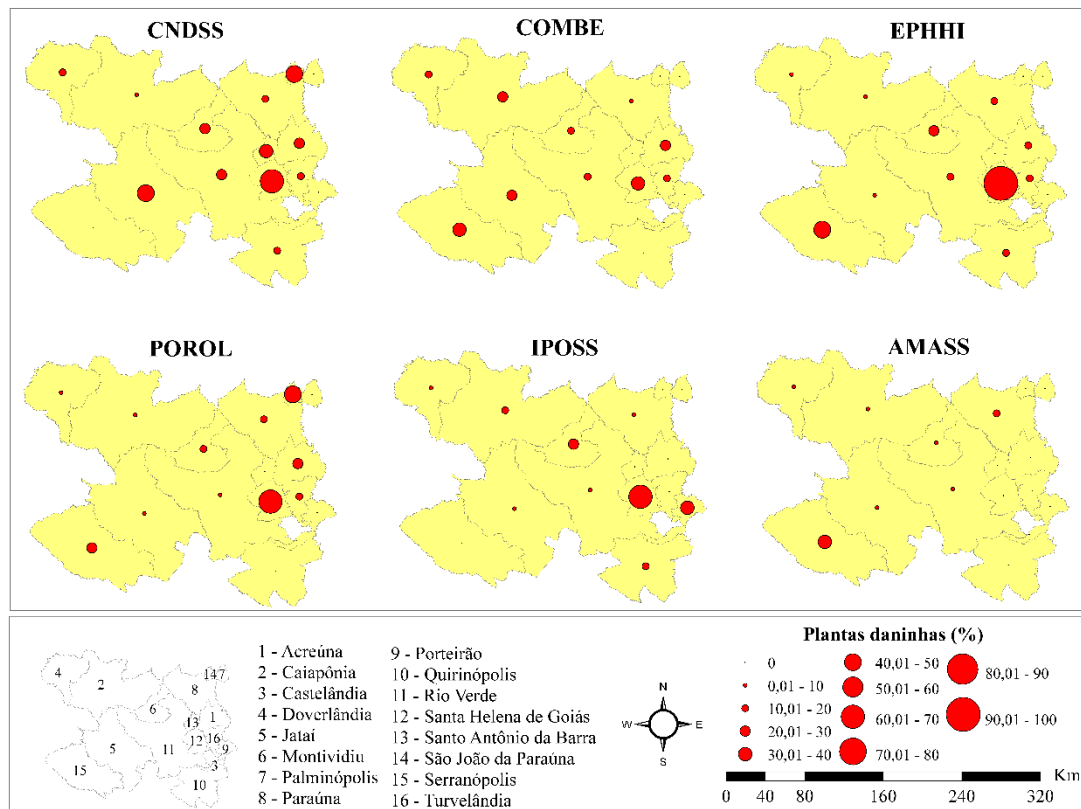


Fig. 6. Occurrence of the six predominant monocotyledonous weed species (EPPO code Global, 2019), according to the collection municipality, following the planting calendar of producers in southwest state of Goiás, 2017/2018 growing season.

The highest incidence of COMBE was found in Santa Helena de Goiás and Serranópolis (Fig. 6), which may be related to the cultivation system (no-till) and to the lack of knowledge of the need to raise the dose of glyphosate to control this species, since studies already indicate its tolerance to glyphosate, which in turn is the most widely used herbicide in these regions (Pacheco et al., 2016).

The greatest infestations found were POROL, EPHHI, IPOSS and CNDSS, respectively, for the municipality of Santa Helena de Goiás, where percentages of 60.01 and 70.00% were observed, for POROL, IPOSS and CNDSS, and from 90 to 100% for EPHHI. The high infestation verified in Santa Helena de Goiás is certainly related to the non-integration of weed management methods and the routine succession of crops, favoring the selection of weeds that are difficult to control and, consequently, their multiplication and dispersion in agricultural areas of this municipality (Fig. 6).

The highest percentage of 1AMAG infestation was in the municipality of Serranópolis, however, below 50%. Although it is a medium to difficult control plant, studies by Martins et al. (2016) show that the use of mulch in winter significantly reduces the population of *A. hybridus*. Carvalho and Christoffoleti (2007) show that 1AMAG species respond differently to light and temperature stimuli to germinate, so the 1AMAG infestation in Serranópolis may be associated with poor straw distribution, promoting low soil cover, high temperature and solar incidence in the region.

Table 2. Correlation matrix of related variables using data from the 2017/2018 growing season as reference. The dimensions of the principal component analysis were made with a significance of $p < 0.05$. P_infest: infestation percentage, T_area: area size.

Variables	PCA 1	PCA 2
P_infest	0.81	-0.24
Species	0.82	0.16
T_area	0.06	0.97
Municipality	0.13	0.02
Explained Variance	45.03	34.46
Cumulative Variance	45.03	79.49

The PCA analysis showed that the first two components explained 79.05% data variance (Table 2). The percentage of infestation and the number of species were positively correlated to the first component (PCA1), where the areas with the highest percentage of infestation were those with the highest diversity of species, indicating poorly managed areas and monoculture. Both the percentage of infestation and the number of species observed were not correlated with variables related to the area size. Thus, it was possible to notice that the area size and number of species behaved differently even on the same plane and axis, indicating a directly disproportionate relationship (Fig. 7), which can be interpreted as concise variables. PCA was also used to identify groups of weed species and associate them with the management used in their respective areas. This analysis was chosen with an exploratory tool as it allows to identify relatively independent sets (principal components) of correlated variables.

There was no difference in the number of species in relation to the size of the area in most of the evaluated municipalities, this phenomenon can be explained by the predominant planting system, control and cultivation practices carried out in southwest state of Goiás. Except for some municipalities such as Montividiu, Caiapônia and Acreúna, where it was possible to notice a large number of species regardless of the size of the evaluated area, possibly caused by the initial accumulation of rainfall during the evaluation and control stage.

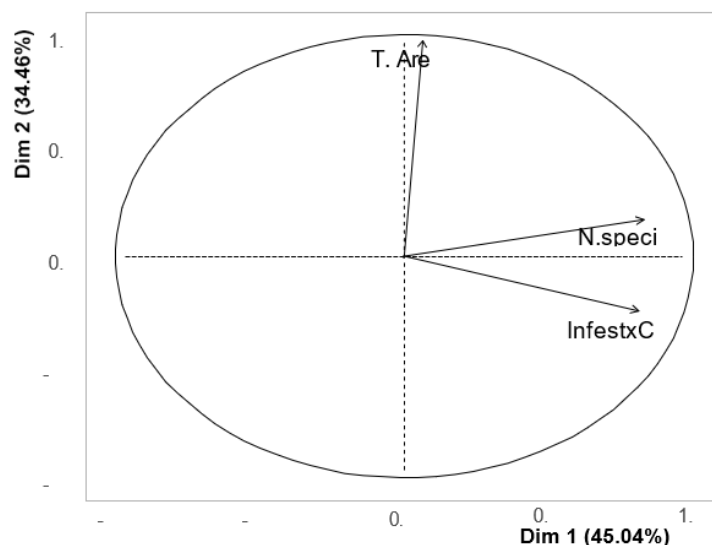


Fig. 7. Principal component analysis carried out using data from the 2017/2018 growing season as reference, during the desiccation period with: InfestxC: Percentage infestation, N. Speci: number of species and T.Are: area size.

In conclusion, the survey of weeds by aerial imagery was efficient for identifying, quantifying, and mapping weeds in commercial agricultural areas for management purposes. The high number of identified species of the same family, as well as the higher frequency of species observed in the ten-day periods before the starting of soy crop, indicated the dominance of some species. The number of species identified, the size of the area, and the sampling region were not correlated, because sites with low species diversity were more grouped than sites with high diversity.

6.4 Acknowledgments

The authors thank the Federal Goiano Institute Rio Verde campus (Goiano Federal Institute of Education, Science and Technology - Rio Verde campus) and the PROPPI of the Federal Goiano Institute for their support in this article, the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (CAPES) and BASF for partially funding the research, imag support in flights and the process.

6.5 References

- Almeida, D. P., Costa-Ferreira, M., Leite, G. J., Velloso, C. P., Griesang, F. & Silva-Santos, R. T. (2017). Volumes de calda, uso de adjuvante e intervalos sem chuva no controle de plantas-daninhas com sulfentrazone. *Revista Brasileira de Herbicidas*, 16(2), 163-172. <https://doi.org/10.7824/rbh.v16i2.513>
- Alvarenga, D. R., Teixeira, M. F. F., Freitas, F. C. L. & Paiva, M. C. G. (2018). Interações entre herbicidas no manejo do milho RR® voluntário. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, 17(1), 122-134. <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v17n1p122-134>
- Bianchi, M. A., Fleck, N. G. & Federizzi, L. C. (2006). Características de plantas de soja que conferem habilidade competitiva com plantas daninhas. *Bragantia*, 65(4), 623-632. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052006000400013>

- Carvalho, S. J. P. & Christoffoleti, P. J. (2007). Influência da luz e da temperatura na germinação de cinco espécies de plantas daninhas do gênero *Amaranthus*. *Bragantia*, 66(4), 527-533. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052007000400001>
- Deen, W., Hamill, A., Shropshire, C., Soltani, N. & Sikkema, P. H. (2006). Control of volunteer glyphosate-resistant corn (*Zea mays*) in glyphosate-resistant soybean (*Glycine max*). *Weed Technology*, 20(1), 261-266. <https://doi.org/10.1614/WT-02-128.1>
- Gazola, T., Belapart, D., Castro, E. B., Cipola-Filho, M. L. & Dias, M. F. (2016). Características biológicas de digitaria insularis que conferem sua resistência à herbicidas e opções de manejo. *Científica*, 44(4), 557-567. <http://dx.doi.org/10.15361/1984-5529.2016v44n4p557-567>
- Geiger, F., Bengtsson, J., Berendse, F., Weisser, W. W., Emmerson, M., Morales, M. B., Ceryngier, P., Liira, J., Tschardtke, T., Winqvist, C., Eggers, S., Bommarco, R., Part, T., Bretagnolle, V., Plantegenest, M., Clement, L. W., Dennis, C., Palmer, C., Onate, J. J., Guerrero, I., Hawro, V., Aavik, T., Thies, C., Flohre, A., Hanke, S., Fischer, C., Goedhart, P. W. & Inchausti, P. (2010). Persistent negative effects of pesticides on biodiversity and biological control potential on European farmland. *Basic and Applied Ecology*, 11(2), 97-105. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2009.12.001>
- Heap, I. (2009). The international survey of herbicide resistant weeds. <http://www.weedscience.com>.
- Holm, L. D., Doll, J., Holm, E., Pancho, J. V. & Herberger, J. P. (1997). World weeds: natural histories and distribution. New York: John Wiley & Sons.
- Iqbal, M., Khan, S., Khan, M. A., Rahman, I. U. & Abbas, Z. (2015). Exploration and inventorying of weeds in wheat crop of the district Malakand, Pakistan. *Pakistan Journal of Weed Science Research*, 21(3), 435-452
- Jabeen, T. & Ahmad, S. S. (2009). Multivariate analysis of environmental and vegetation data of Ayub National Park Rawalpindi. *Soil and Environment (Pakistan)*, 28(2), 106-112
- Karam, D. (2007). *Importância do ensino da disciplina de plantas daninhas na formação dos profissionais da área agrícola*. In: Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: Simpósio Internacional Amazônico sobre Plantas Daninhas, 1., 2007, Belém. Palestras apresentadas... Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo; Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2007.
- Kinupp, V. F. & Lorenzi, H. J. (2014). *Plantas Alimentícias Não Convencionais (PANC) no Brasil: guia de identificação, aspectos nutricionais e receitas ilustradas*. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora Ltda.
- Kissmann, K. G. & Groth, D. (1997). *Plantas Infestantes e Nocivas*. São Paulo: BASF. Tomos I.
- Kissmann, K. G. & Groth, D. (1999). *Plantas Infestantes e Nocivas*. São Paulo: BASF. Tomos II.
- Kissmann, K. G. & Groth, D. (2000). *Plantas Infestantes e Nocivas*. São Paulo: BASF. Tomos III.
- Lelong, C. C., Burger, P., Jubelin, G., Roux, B., Labbé, S. & Baret, F. (2008). Assessment of unmanned aerial vehicles imagery for quantitative monitoring of wheat crop in small plots. *Sensors*, 8(5), 3557-3585. <https://doi.org/10.3390/s8053557>
- Liakos, K. G., Busato, P., Moshou, D., Pearson, S. & Bochtis, D. (2018). Machine learning in agriculture: A review. *Sensors*, 18(8), 2674. <https://doi.org/10.3390/s18082674>
- López-Ovejero, R. F., Soares, D. J., Oliveira, N. C., Kawaguchi, I. T., Berger, G. U., Carvalho, S. J. P. D. & Christoffoleti, P. J. (2016). Interferência e controle de milho voluntário tolerante ao glifosato na cultura da soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 51(4), 340-347. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2016000400006>
- Lorenzi, H. (2000). *Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas*. Nova Odessa: Plantarum.
- Machado, A. F. L., Ferreira, L. R., Ferreira, F. A., Fialho, C. M. T., Tuffi-Santos, L. D. & Machado, M. S. (2006). Análise de crescimento de digitaria insularis. *Planta Daninha*, 24(4), 641-647. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582006000400004>
- Manly, B. F. J. (1986). *Multivariate statistical methods*. New York: Chapman and Hall.

- Martins, D., Gonçalves, C. G. & Silva-Junior, A. C. D. (2016). Coberturas mortas de inverno e controle químico sobre plantas daninhas na cultura do milho. *Revista Ciência Agronômica*, 47(4), 649-657. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20160078>.
- McElroy, J. S. (2014). Vavilovian mimicry: Nikolai Vavilov and his little-known impact on weed science. *Weed Science*, 62(2), 207-216. <https://doi.org/10.1614/WS-D-13-00122.1>
- Melo, M. S. C., Silva, D. C. P., Rosa, L. E., Nicolai, M. & Christoffoleti, P. J. (2015). Herança genética da resistência de capim-amargoso ao glyphosate. *Revista Brasileira de Herbicidas*, 14(4), 296-305. <https://doi.org/10.7824/rbh.v14i4.443>
- Minozzi, G. B., Christoffoleti, P. J., Monquero, P. A., Zobiole, L. H. S., Pereira, G. R. & Duck, L. (2017). Controle em pré semeadura da cultura de soja de algodão voluntário tolerante ao glyphosate e amônio glufosinate e de *Eleusine indica*. *Revista Brasileira de Herbicidas*, 16(3), 183-191. <https://doi.org/10.7824/rbh.v16i3.547>
- Neve, P., Barney, J. N., Buckley, Y., Cousens, R. D., Graham, S., Jordan, N. R., Lawton-Rauch, A., Liebman, M., Mesgaran, M. B., Schut, M., Schaw, J., Storky, J., Baraibar, B., Baucom, R. S., Chalak, M., Childs, D. Z., Christensen, S., Eizenberg, H., Fernández-Quintanilla, C., French, K., Harsch, M., Heijting, S., Harrison, L., Loddo, D., Macel, M., Maczey, N., Merotto Jr, A., Mortensen, D., Necajeva, J., Peltzer, D. A., Recasens, J., Renton, M., Sønderskov, M. & Williams, M. (2018). Reviewing research priorities in weed ecology, evolution and management: a horizon scan. *Weed Research*, 58(4), 250-258. <https://doi.org/10.1111/wre.12304>
- Oerke, E. C. (2006). Crop losses to pests. *The Journal of Agricultural Science*, 144(1), 31-43. <https://doi.org/10.1017/S0021859605005708>
- Ovejero, R. F. L., Takano, H. K., Nicolai, M., Ferreira, A., Melo, M. S., Cavenaghi, A. L. & Oliveira, R. S. (2017). Frequência e dispersão de populações de capim-amarelo (*Digitaria insularis*) resistentes ao glyphosate nas áreas de produção agrícola brasileira. *Ciência das Plantas Daninhas*, 65(2), 285-294.
- Owen, M. D. K. (2016). Diversas abordagens para o manejo de plantas daninhas resistentes a herbicidas. *Weed Science*, 64, 570-584.
- Pacheco, L. P., Petter, F. A., Soares, L. D. S., Silva, R. F. D. & Oliveira, J. B. D. S. (2016). Production systems and weed control in annual crops of the Cerrado area of the State of Piauí. *Revista Ciência Agronômica*, 47(3), 500-508. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20160060>.
- Peña, J. M., Torres-Sánchez, J., Serrano-Pérez, A., Castro, A. I. & López-Granados, F. (2015). Quantifying efficacy and limits of unmanned aerial vehicle (UAV) technology for weed seedling detection as affected by sensor resolution. *Sensors*, 15(3), 5609-5626. <https://doi.org/10.3390/s150305609>.
- Perotti, V. E., Larran, A. S., Palmieri, V. E., Martinatto, A. K., Alvarez, C. E., Tuesca, D. & Permingeat, H. R. (2019). A novel triple amino acid substitution in the EPSPS found in a high-level glyphosate resistant *Amaranthus hybridus* population from Argentina. *Pest Management Science*, 75(5), 1242-1251. <https://doi.org/10.1002/ps.5303>.
- Rizzardi, M. A., Fleck, N. G., Vidal, R. A., Merotto-Junior, A. & Agostinetto, D. (2001). Competição por recursos do solo entre plantas daninhas e culturas. *Ciência Rural*, 31(4), 707-714.
- Rosa-Filho, S. N., Carvalho-Pontes, N., Nunes, A. C. P., Machado, A. L., Santos, C. A. & Carmo, M. G. F. (2018). Banco de sementes de plantas daninhas em áreas de cultivo de tomateiro industrial em Goiás. *Global Science and Technology*, 11(2).
- Santos, W. F., Procópio, S. D. O., Silva, A. G. D., Fernandes, M. F. & Santos, E. R. D. (2018). Phytosociology of weed in the southwestern Goiás region. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 40. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v40i1.33049>.
- Silva, A. A. & Silva, J. F. (2007). *Tópicos em manejo de plantas daninhas*. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa.
- Silva, A. F., Concenço, G., Aspiazú, I., Galon, L. & Ferreira, E. A. (2018). *Métodos de controle de planta daninhas*. Controle de Plantas Daninhas.
- Silva, W.T, Karam, D, Vargas, L, Gazziero, D.L.P, Gomes, T.C. (2015). *Estudo fitossociológico de plantas daninhas nas culturas de milho e soja em Goiás*. In: Embrapa Soja-Artigo em Anais de Congresso

- (ALICE). In: Congreso Latino Americano de Malezas, 22.; Congreso Argentino de Malezas, 1., 2015, Buenos Aires. Ciencia e producción: hacia un manejo nacional: trabajos científicos. Buenos Aires: Asociación Argentina de Ciencia de las Malezas: Asociación Latinoamericana de Malezas, 2015.
- Team, R. C. (2018). R: A language and environment for statistical computing, Vienna: Global Biodiversity Information Facility.
- Timossi, P. C., Silva, U. R., Lima, S. F. & Almeida, D. P. (2016). Eficácia de nicosulfuron e tembotrione no controle de *Pennisetum setosum*. *Global Science and Technology*, 9(1), 01-06.
- Vale, J. R. B., Costa, J. A., Santos, J. F., Silva, E. L. S., Favacho, A. T. (2018). Análise comparativa de métodos de classificação supervisionada aplicada ao mapeamento da cobertura do solo no município de Medicilândia, Pará. *Inter Espaço: Revista de Geografia e Interdisciplinaridade*, 4(13), 26-44. <http://doi.org/10.18764/2446-6549.v4n13p26-44>.
- Venturieri, A. (2007). Introdução às técnicas de Sensoriamento Remoto. Belém: UFPA.
- Vigueira, C. C., Olsen, K. M. & Caicedo, A. L. (2013). The red queen in the corn: agricultural weeds as models of rapid adaptive evolution. *Heredity*, 110(4), 303-311. <http://doi.org/10.1038/hdy.2012.104>.
- Zobiole, L. H. S., Krenchinski, F. H., Albrecht, A. J. P., Pereira, G., Lucio, F. R., Rossi, C. & Silva-Rubin, R. (2016). Controle de capim-amargoso perenizado em pleno florescimento. *Revista Brasileira de Herbicidas*, 15(2), 157-164. <https://doi.org/10.7824/rbh.v15i2.474>.

7. CONCLUSÃO GERAL

O levantamento de plantas daninhas por imagens aéreas foi eficiente para identificar, quantificar e mapear plantas daninhas em áreas agrícolas comerciais para fins de manejo. E, os resultados obtidos permitem afirmar que as imagens RGB geradas por meio de drones podem ser utilizadas para posterior treinamento (machine learning), entregando boa acertabilidade, quando comparada a metodologia de observação em campo. Para porcentagem de infestação o uso de tecnologias digitais pode proporcionar escalabilidade e eficiência de trabalho com redução da mão de obra e garantia de sustentabilidade ao direcionar o manejo de herbicidas.

Cuidados devem ser tomados com as famílias mais encontradas no banco de sementes, Poaceae, com algumas espécies representantes, e Portulacaceae, com número elevado de indivíduos, uma vez que estas poderão se tornar em pouco tempo grandes problemas nas áreas de produção de soja em Goiás, visto que foram os maiores números presentes no estudo. Por meio desses dados, os produtores podem direcionar seu manejo de daninhas ao controle de plantas daninhas, especialmente as espécies de maior incidência. Além de definir os melhores métodos de manejo em pré e pós-emergência da cultura da soja.