

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

RENAN CATANI

**MONITORAMENTO TEMPORAL DA CULTURA DA SOJA ATRAVÉS
DO SENSORIAMENTO REMOTO COM A UTILIZAÇÃO DE UM RPA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2018

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

RENAN CATANI

**MONITORAMENTO TEMPORAL DA CULTURA DA SOJA ATRAVÉS
DO SENSORIAMENTO REMOTO COM A UTILIZAÇÃO DE UM RPA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PATO BRANCO

2018

RENAN CATANI

**MONITORAMENTO TEMPORAL DA CULTURA DA SOJA ATRAVÉS
DO SENSORIAMENTO REMOTO COM A UTILIZAÇÃO DE UM RPA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. M.Sc. Henrique dos Santos Felipetto

PATO BRANCO

2018

Catani, Renan

Monitoramento temporal da cultura da soja através do sensoriamento remoto com a utilização de um RPA / Renan Catani.

Pato Branco. UTFPR, 2018

51 f. : il. ; 30 cm

Orientador: Prof. M.Sc. Henrique dos Santos Felipetto

Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso de Agronomia. Pato Branco, 2018.

Bibliografia: f. 41- 44

1. Agronomia. 2. Sensoriamento remoto. 3. Drone. 4. Vegetação - Mapeamento I. Felipetto, Henrique dos Santos. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso de Agronomia. IV. Título.

CDD: 630



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Pato Branco
Departamento Acadêmico de Ciências Agrárias
Curso de Agronomia



TERMO DE APROVAÇÃO
Trabalho de Conclusão de Curso - TCC

**MONITORAMENTO TEMPORAL DA CULTURA DA SOJA ATRAVÉS DO
SENSORIAMENTO REMOTO COM A UTILIZAÇÃO DE UM RPA**

por
RENAN CATANI

Monografia apresentada às 10 horas 00 min. do dia 28 de novembro de 2018 como requisito parcial para obtenção do título de ENGENHEIRO AGRÔNOMO, Curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo-assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Adão Robson Elias
UTFPR Câmpus Pato Branco

Prof. Dr. Daniel Carvalho Granemann
UTFPR Câmpus Pato Branco

Prof. M.Sc. Henrique dos Santo Felipetto
UTFPR Câmpus Pato Branco
Orientador

Prof. Dr. Jorge Jamhour
Coordenador do TCC

A "Ata de Defesa" e o decorrente "Termo de Aprovação" encontram-se assinados e devidamente depositados na Coordenação do Curso de Agronomia da UTFPR Câmpus Pato Branco-PR, conforme Norma aprovada pelo Colegiado de Curso.

Aos meus pais, irmã, e minha amada esposa Mayara Keller Ehlers, que com muito carinho e apoio, não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa de minha vida.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus que permitiu que tudo isso acontecesse, não somente nestes anos como universitário, mais em todos os momentos de minha vida, por me dispor de saúde e força para superar as dificuldades e alcançar os objetivos.

Obrigado a minha esposa, que nos momentos de minha ausência dedicados ao estudo superior, sempre se fez entender que o futuro é feito a partir da constante dedicação no presente.

Agradeço a todos meu professores, mas principalmente ao meu orientador Henrique dos Santos Felipetto, por me proporcionarem o conhecimento não apenas racional, mas a manifestação do caráter e afetividade da educação no processo de formação profissional, por tanto que se dedicaram a mim, não somente por terem me ensinado, mas por terem me feito aprender. A palavra mestre, nunca fará justiça aos professores dedicados aos quais sem nominar terão meu eterno agradecimento.

“Sou jovem e acredito que nesta fase é quando sonhamos mais, buscamos mais, temos mais esperança e coragem, sentimos uma vontade imensa de mudar o mundo e sabemos que, se nos dão essa oportunidade, somos capazes de mudá-lo.”

Autor desconhecido

RESUMO

CATANI, Renan. Monitoramento temporal da cultura da soja através do sensoriamento remoto com a utilização de um RPA. 51 f. TCC (Curso de Agronomia), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2018.

A presente pesquisa destina-se a avaliar a eficiência da utilização de um RPA para o monitoramento temporal da cultura da soja com baixo custo de aplicação, utilizando a câmera que vem embarcada no próprio equipamento, e softwares de uso livre. Para verificar se produtores rurais podem usufruir dessa tecnologia para acompanhar o desenvolvimento de suas áreas de cultivo, de maneira eficiente, obtendo dados qualitativos através a interpretação de imagens coletadas por esse equipamento. Conclui-se que o RPA é uma ferramenta eficiente e de fácil operacionalidade o que permite que produtores rurais possam acompanhar melhor suas áreas, com uma visão mais abrangente, o que irá ajudar na tomada de decisão para haver um melhor manejo.

Palavras-chave: Agronomia. Sensoriamento Remoto. Drone. Vegetação - Mapeamento.

ABSTRACT

CATANI, Renan. Temporary monitoring of soybean culture through remote sensing with the use of a RPA. 51 f. TCC (Course of Agronomy) - Federal University of Technology - Paraná. Pato Branco, 2018.

The present research aims to evaluate the efficiency of the use of a RPA for the temporal monitoring of the soybean crop with low application cost, using the camera that is well-loaded in the equipment itself, and free-use software. To verify if farmers can use this technology to follow the development of their growing areas, efficiently, obtaining qualitative data through the interpretation of images collected by this equipment. It is concluded that the RPA is an efficient tool and easy operability which allows rural producers to better follow their areas, with a more comprehensive vision, which will help in decision making for better management.

Keywords: Agronomy. Images, Remote-sensing. UAVs (Unmanned aerial vehicles). Mapping, Vegetation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Adaptado de Google Earth, 2018.....	26
Figura 2 – RPA usado como plataforma do sistema de câmera	28
Figura 3 – Rota de voo, adaptado de Dronedeploy, 2018.....	28
Figura 4 – Escala de desenvolvimento da cultivar TMG 7262.....	33
Figura 5 – Desenvolvimento do dossel índice GRRi.....	34
Figura 6 – Desenvolvimento do dossel índice VDVI.....	36
Figura 7 – Perfil espectral índice GRRi.....	38
Figura 8 – Perfil espectral índice VDVI.....	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Parâmetros de Performance do RPA.....	28
Tabela 2 – Protocolos de voos fornecidos pela ANAC.....	31

LISTA DE SIGLAS, ACRÔNIMOS E SÍMBOLOS

ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
DECEA	Departamento de Controle do Espaço Aéreo
IAF	Índice de Área Foliar
IV	Índices de Vegetação
RPA	Aeronave Remotamente Pilotada
SIG	Sistema de Informação Geográfica
VANT	Veículo Aéreo Não Tripulado
®	Marca Registrada

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 OBJETIVOS.....	15
2.1 GERAL.....	15
2.2 ESPECÍFICOS.....	15
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
3.1 CULTURA DE SOJA.....	16
3.2 SENSORIAMENTO REMOTO.....	18
3.3 ÍNDICE DE VEGETAÇÃO.....	20
3.4 VEICULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS.....	22
3.5 AGRICULTURA DE PRECISÃO.....	24
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	26
4.1 ÁREA EXPERIMENTAL E ESPECIFICAÇÕES.....	26
4.2 DESCRIÇÃO DO EQUIPAMENTO UTILIZADO.....	27
4.2 PROCESSAMENTO DAS IMAGENS.....	29
4.3 ÍNDICES DE VEGETAÇÃO.....	29
4.4 ANÁLISE DE DADOS.....	30
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	31
5.1 OBTENÇÃO DE IMAGENS.....	31
5.2 IMAGENS GERADAS.....	32
5.3 PERFIL ESPECTRAL DE CADA ÍNDICE.....	37
6 CONCLUSÕES.....	40
REFERÊNCIAS.....	41

1 INTRODUÇÃO

Por tempos a produção agrícola era definida pelo trabalho braçal, oneroso e cansativo. Os manejos eram realizadas de forma manual, seja a identificação de pragas, ervas daninhas, e também problemas no solo. Todavia, é um segmento que vem avançando muito tecnologicamente. Segundo dados de Agronomic Consulting (FAO-ONU, 2015) em 2050 seremos mais de nove bilhões de pessoas, serão necessários muitos avanços para alimentar todas essas pessoas. O uso de tecnologias inovadoras no campo permite a informatização, fazendo com que a agricultura seja muito mais eficiente. Neste sentido os RPA - Aeronave Remotamente Pilotada, veem sendo empregados cada vez mais para melhorar esse cenário, permitindo um melhor gerenciamento e monitoramento de culturas agrícolas.

O uso de RPA pode acarretar no aumento de produtividade e lucro desses produtores, com isso tornando suas propriedades mais sustentáveis. Segundo ANAC (2017), RPA é qualquer tipo de aeronave que dispensa a utilização de pilotos embarcados, pode ser controlado a distância por comandos de pessoa ou mesmo possuir controladores lógicos que guiam a aeronave.

No Brasil os RPAs vem sendo cada vez mais utilizado no setor agrícola, especialmente no setor de geotecnologias, empregando RPAs com as imagens de alta resolução espacial e temporal, podendo dessa forma mapear com precisão onde estão localizadas as falhas de plantio, incidência de doenças, bem como a comparação de padrões da distribuição das plantas nas imagens, entre outras aplicações.

A cultura da soja (*Glycine max* L.), a partir de sua instalação nos anos de 1960 passou, em pouco tempo, a ocupar uma posição de destaque na economia da região sudoeste do Paraná (DALL'AGNOL, 2016). A cadeia produtiva de grãos se formou em torno dessa oleaginosa auxiliou no processo de crescimento econômico. Desde então sua produção cresce a cada ano, motivada principalmente pelo mercado internacional.

O mapeamento aéreo é uma tecnologia que otimiza a ação do engenheiro agrônomo, analogamente, o drone – como é popularmente conhecido - é

como um aparelho raio-x para um médico, ele identifica os problemas, quais são as suas dimensões e qual a sua localização no campo. Após ter esse mapa em mãos o agrônomo irá até o campo visitar as áreas que estão com adversidades, verificar suas causas e prescrever o que é necessário.

Portanto o uso do sensoriamento remoto sub-orbital por meio de drones é uma tecnologia que fornece suporte para o gerenciamento estratégico de uma propriedade no que concerne a agricultura de precisão, não somente para o ano agrícola, mas no estudo a longo prazo dos cultivos agrícolas. Através disso se extrai indicadores qualitativos e quantitativos que são interpretados com o objetivo de aumentar a produtividade, diminuir custos e o impacto ambiental.

Portanto o presente trabalho tem como objetivo fazer avaliações de índices de vegetação, levando em conta o baixo custo de operação, e sendo somente necessário o equipamento (drone), acompanhando o desenvolvimento da cultura da soja, perfazendo um voo completo do talhão em cada uma das fases do seu ciclo fenológico afim de se extrair dados referente a cultura para posteriormente analisar estas informações em um ambiente SIG - Sistema de Informação Geográfica.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

Avaliar a cultura da soja com a utilização de um RPA, através da interpretação de imagens na região do visível, no município de Coronel Domingos Soares – Paraná.

2.2 ESPECÍFICOS

1 – Realizar a configuração do equipamento para realizar voo bem como instalação de softwares para mapeamento agrícola com RPA e avaliar seu desempenho para esta atividade;

2 – Delimitar a área de análise perfazendo um voo a cada ciclo fenológico da cultura gerando um mapa onde serão feitas as análises de índice de vegetação na área do visível;

3 – Realizar comparações entre as imagens geradas durante todo o ciclo da cultura da soja, bem como discuti-las;

4 – Utilizar um Sistema de Informação Geográfica – SIG para armazenar, quantificar e qualificar todos os dados gerados durante a avaliação das imagens.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 CULTURA DE SOJA

A soja, *Glycine max* (L.), é uma leguminosa anual da família Fabaceae, e constitui um dos principais cultivos da agricultura mundial. É, também, considerada o grão de maior importância econômica no mundo, devido ao seu potencial produtivo, composição química, e valor nutritivo. Possui várias aplicações na alimentação humana e animal, com relevante papel socioeconômico, além de ser matéria-prima indispensável para impulsionar diversos complexos agroindustriais (STRECK et al., 2008; MAUD et al., 2010).

No Brasil, o primeiro relato sobre o surgimento da soja através de seu cultivo é de 1882, no estado da Bahia (BLACK, 2000). Em seguida, foi levada por imigrantes japoneses para São Paulo, e somente, em 1914, a soja foi introduzida no Estado do Rio Grande do Sul, sendo este, o local onde as variedades trazidas dos Estados Unidos, melhor se adaptaram às condições edafoclimáticas, principalmente em relação ao fotoperíodo (BONETTI, 1981).

Dentre os grandes produtores mundiais (Estados Unidos, Brasil, China e Argentina), o Brasil apresenta maior capacidade de multiplicar a atual produção, tanto pelo aumento da produtividade, quanto pelo potencial de expansão da área cultivada. Até 2020, a produção brasileira de soja deve ultrapassar a barreira de 100 milhões de toneladas, podendo o país assumir a liderança mundial na produção do grão (VENCATO et al., 2010).

Estima-se que a área plantada no Brasil em 2016 foi de 58,5 milhões de hectares, dos quais a soja é responsável por 56,8% da produção total de grãos. Na safra 2016/2017 foi plantada uma área de aproximadamente 33,9 milhões de ha, e haverá uma produção em torno de 114 milhões de toneladas de soja. Dentro do país, o Estado com maior área de soja plantada e maior perspectiva de produção é o estado do Mato Grosso, com 9,2 milhões de ha e 30,5 milhões de toneladas, respectivamente (CONAB, 2017).

A soja: é um cultivo anual, com um ciclo variando de 100 a 150 dias para cada tipo de cultivar, com as seguintes características (super-precoce, precoce, normal e tardia – classificação realizada de acordo com o tempo de plantio a colheita). A cultura se desenvolve por algumas exigências hídricas, umidade do solo que variam de 50-85% dependendo do seu estágio de desenvolvimento, com 400 a 850 mm/ciclo. Bastante sensível ao fotoperiodismo, a soja possui como exigência térmica 25 °C para seu desenvolvimento satisfatório (BONATO, 1987).

A cultura pode sofrer significativas perdas de produtividade quando exposta a competição com plantas invasoras, pois a planta daninha compete por nutrientes, luz solar e água, além de comprometer as operações mecanizadas na área e a qualidade do grão colhido. Segundo Lorenzi (2000), as interferências causadas pelas plantas daninhas reduzem a produção agrícola em cerca de 30 a 40%. Os prejuízos na cultura da soja variam de acordo com as espécies infestantes ocorrentes na cultura, com o tipo de cultivar e a intensidade de interferência que a cultura está sofrendo (VOLL, et al., 2002).

O aumento do potencial genético de soja no Brasil faz com que os rendimentos possam melhorar. Estudos comprovam que com um valor de 1,0 a 2,0% ao ano de aumento potencial é possível chegar a um patamar de 5.400 kg.ha⁻¹ em dez anos, juntamente com as demais tecnologias aplicadas, possibilitando o suprimento de alimentos, matérias-primas e energia ao mundo (SILVA NETO, 2011).

A utilização de tecnologias de Sensoriamento Remoto poderia tornar o sistema atual de monitoramento e previsão de safras no Brasil mais eficiente e dinâmico (em escalas regional e nacional). Estas tecnologias permitem a obtenção de dados e informações em tempo quase real e com reduzida relação custo/benefício sobre a extensão, condições de desenvolvimento e potencial de produção de culturas. Podem também servir como importante apoio na análise de consistência dos dados levantados por metodologias convencionais (LOHMANN, M., MARTINI, L., DEPPE, F., 2007).

3.2 SENSORIAMENTO REMOTO

Reeves (1975) argumenta que se começou a falar em sensoriamento remoto na década de 1960, sendo que seu surgimento está estritamente ligado as fotos aéreas, o termo vem do inglês "remote sensing", palavra que foi escrita por Evelyn L. Pruitt para denominar uma técnica de aquisição de imagens da superfície da Terra sem que haja o contato físico direto com os objetos.

Dependendo da localização dos sistemas sensores, Moreira (2007) explica que o processo de aquisição dos dados espectrais pode ser feito em três níveis: terrestre, se estiverem instalados em mastros ou dentro de laboratórios; suborbital, geralmente em aeronaves; e orbital, onde se empregam os satélites não tripulados e/ou balões.

O termo resolução em sensoriamento remoto se desdobra na verdade em três diferentes e independentes parâmetros: resolução espacial, resolução espectral e resolução radiométrica (CROSTA, 1993).

Resolução espacial refere-se à habilidade do sistema sensor em distinguir e medir alvos. Esta habilidade baseia-se na projeção geométrica do detector na superfície terrestre, definindo a sua área do campo de visada do instrumento numa certa altitude e num determinado instante. O ângulo definido por esta projeção é denominada de campo de visada instantânea (IFOV - Instantaneous Field Of View). O IFOV define a área do terreno focalizada a uma dada altitude pelo instrumento sensor (FLORENZANO, 2002).

Resolução espectral é um conceito próprio para os sistemas sensores denominados multiespectrais. Segundo Novo (1989), resolução espectral é "uma medida de largura das faixas espectrais e da sensibilidade do sistema sensor em distinguir entre dois níveis de intensidade do sinal de retorno".

Para melhor compreensão desse conceito, Jensen e Jackson (2001) destacam dois pontos importantes: o comprimento de onda detectado pelo sensor e a quantidade de faixas espectrais. As diferentes regiões do espectro eletromagnético utilizadas em sensoriamento remoto, destacando a faixa do visível, e o comprimento de onda detectado pelas bandas de dois sistemas sensores (vermelho e azul).

O primeiro sensor (vermelho) tem um grande número de bandas espectrais e uma grande sensibilidade espectral. O outro sistema sensor (azul), possui poucas bandas e uma menor sensibilidade espectral. Comparando os dois sistemas sensores, verifica-se que o primeiro pode caracterizar e distinguir melhor um objeto na imagem do que o outro sistema. Portanto, quanto menor o número de bandas e menor a largura do intervalo, maior a discriminação do alvo na cena e melhor a resolução espectral (MELO, 2002).

A resolução radiométrica refere-se à capacidade do sistema sensor em detectar variações da radiância espectral recebida. A radiância de cada pixel passa por uma codificação digital, obtendo um valor numérico, expresso em bits, denominado de número digital (ND). Este valor é facilmente traduzido para uma intensidade visual ou ainda a um nível de cinza, localizado num intervalo finito $(0, k^{-1})$, onde k é o número de valores possíveis, denominados de níveis de quantização (SCHOWENGERDT, 1983).

O número de níveis de cinza está expresso em bits, ou seja, expresso em função do número de dígitos binários necessários para armazenar, em forma digital, o valor máximo de cinza. O seu valor é sempre em potência de 2, por exemplo 8 bits significam $2^8=256$ níveis de cinza. As diferenças são maiores nos níveis 2 a 4 do que nos níveis 256 e 2048, devido ao fato do olho humano não possuir sensibilidade às mudanças de intensidade acima de 30 níveis de cinza (CROSTA, 1993).

Resolução temporal refere-se à frequência de passagem do sensor num mesmo local, num determinado intervalo de tempo. Este ciclo está relacionado às características orbitais da plataforma (altura, velocidade, inclinação), e o ângulo total de abertura do sensor. A resolução temporal é de grande interesse especialmente em estudos relacionados a mudanças na superfície terrestre e no seu monitoramento (QUEIROZ, 2003).

A disponibilidade de várias bandas espectrais permite a exploração mais eficiente das características espectrais dos alvos, em conjunto com os modos de operação dos diversos sistemas sensores. Quanto mais bandas espectrais dispuserem um sistema sensor, mais informações ele fornecerá. Diversos tipos de agrupamento entre bandas vêm sendo desenvolvidos como as razões simples de

normalização e distâncias no espaço cartesiano e suas variantes, em geral realçam o componente espectral da vegetação e se correlacionam com parâmetros biofísicos de vegetação (EIPPHANO et al., 1996).

3.3 ÍNDICE DE VEGETAÇÃO

A vegetação é um alvo complexo do sensoriamento remoto, apresenta variadas propriedades de reflexão foliar em uma mesma planta, múltiplos componentes refletores, não uniformidade de estrutura inter e intraplantas, além de assentar-se sobre um substrato constituído de solo ou restos vegetais que, por sua vez, apresentam propriedades de reflexão própria, contribuindo no processo de medição para a modulação das propriedades de reflexão da vegetação (EIPPHANO et al., 1996).

O modo como uma planta ou comunidade de plantas é vista, seja pelo olho humano ou por um sensor multiespectral, depende fundamentalmente da interação dessa planta ou comunidade de plantas com a radiação (MOREIRA e ASSUNÇÃO, 1984). As características que ocorrem nos espectros de refletância, transmitância e absortância de uma folha são ocasionadas notadamente pelos pigmentos, pela estrutura e pela água em solução.

Os índices de vegetação são transformações lineares de bandas espectrais, geralmente nas faixas do vermelho (V) e infravermelho próximo (IVP) do espectro eletromagnético (EIPPHANO et al., 1996).

Os índices de vegetação gerados a partir de dados oriundos de sensores remotos constituem uma importante ferramenta para o monitoramento de alterações naturais ou antrópicas no uso e na cobertura da terra. Estes índices têm sido usados na estimativa de diversos parâmetros da vegetação como por exemplo, o índice de área foliar (HOLBEN et al., 1980; BARET; GUYOT, 1991) e a quantidade de biomassa verde (TUCKER, 1979), bem como na avaliação do uso e manejo do solo e da recuperação de áreas degradadas, estabelecendo práticas conservacionistas adequadas para cada ambiente (RIZZI; FONSECA, 2001; OKIN, 2007).

Para minimizar a variabilidade causada por fatores externos, a refletância espectral tem sido transformada e combinada com vários índices de

vegetação (PONZONI, 2001). Os índices de vegetação são mais sensíveis do que as bandas individuais quando relacionadas com parâmetros biofísicos da vegetação (EPIPHANO et al., 1996). A lógica por trás dos índices de vegetação baseia-se não somente no fato de que a energia refletida no vermelho e no infravermelho próximo são diretamente relacionadas a atividade fotossintética da vegetação, mas também na suposição de que a utilização de duas ou mais bandas espectrais pode minimizar as principais fontes de “ruídos” que afetam a resposta da vegetação (SILVA, E. 2004).

Portanto o mapa de índice de vegetação refere-se a uma imagem escalar na qual cada pixel possui apenas um único valor de brilho. Os valores de pixel são frequentemente calculados a partir da refletância ou radiância de bandas específicas de imagens do sensoriamento remoto. Nos últimos anos, vários coeficientes baseados em imagens coloridas, foram propostas para identificar características vegetativas.

Rasmussen et al. (2016) investigou a confiabilidade de dois diferentes índices de vegetação derivados da câmera de cor verdadeira do consumidor, bem como uma câmera de infravermelho colorido montada em RPAs para avaliar parcelas experimentais, e concluiu que os índices de vegetação de imagens de RPA têm a mesma habilidade que registros baseados em terra para quantificar as respostas da cultura a tratamentos experimentais, embora tais deficiências como variações angulares na reflectância, e flutuação da luz ambiente, devam ser levadas em consideração.

Torres-Sánchez et al. mapearam a fração de vegetação multitemporal em campos de trigo no início da temporada usando um RPA equipado com câmera colorida comercial e estudaram a influência da altitude de voo e dias após a semeadura na precisão da classificação, que mostrou índices de vegetação espectral visível derivados de RPA de baixa altitude um sistema de câmera poderia ser usado como uma ferramenta adequada para discriminar a vegetação em campos de trigo no início e durante toda estação de cultivo da cultura.

Os coeficientes analisados neste estudo, incluindo índice de vegetação de diferença de banda visível - VDVI, descrita pela equação 1, e o índice de razão do verde por vermelho – GRRI, descrita pela equação 2 (SCHIRRMANN, M., 2016).

$$\text{VDVI} = (2G - B - R) / (2G + B + R) \quad [1]$$

$$\text{GRRI} = G/R \quad [2]$$

O uso de RPAs para a prática de agricultura de precisão, baseado em coletas de imagens e técnicas fotogramétricas para avaliar índices de vegetação - IV, representa um recurso rápido, econômico e confiável para o monitoramento de culturas (CANDIAGO et al., 2015), facilitando assim o monitoramento de uma maneira não destrutiva e em curto prazo da vegetação (VON BUEREN et al., 2015).

3.4 VEICULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS

O termo DRONE - Dynamic Remotely Operated Navigation Equipment, erroneamente associado a sua tradução literal como zangão, é definido por prover uma capacidade autônoma de voo. Deste modo, os DRONES possuem inteligência artificial em seu dispositivo controlador que permite a estas aeronaves executarem voos programados com vários níveis de autonomia, corrigindo automaticamente sua rota e retornando ao seu ponto de decolagem sem a interferência do ser humano. É preciso destacar que caso essa camada de inteligência seja removida do dispositivo o DRONE passa a ser apenas um sistema aéreo não tripulado controlado remotamente ou seja apenas um RPA – aeronave remotamente pilotada (CAMBONE, 2005).

Basicamente, os DRONES possuem dois tipos de arquitetura, sendo o primeiro pautado em asas fixas e o segundo em hélices giratórias. Dada à versatilidade e o baixo custo, os DRONES constituídos de múltiplos motores com hélices giratórias tornaram-se populares (MAKAROV et al., 2015). Entre as vantagens determinantes à popularização destes equipamentos é possível citar a facilidade de operação e decolagem, pois os multirrotores não precisam de pista de pouso específica como os equipamentos de asa fixa, conseqüentemente podem realizar decolagem e aterrissagem em situações inóspitas e com pouco espaço. Essa característica garante uma versatilidade de aplicações dos multirrotores,

adicionalmente à redundância da arquitetura com múltiplos motores pode garantir a aeronave uma tolerância a falhas aumentando assim a segurança dos voos (MOTTOLA, 2015).

Antuniassi e Salvador (2002) relatam que a coleta de imagens para a identificação de manchas nas lavouras pode ser obtida de vários tipos de plataformas, tais como aeromodelos, balões e aeronaves de pequeno porte, tendo ainda outras maneiras de obter o levantamento de áreas infestadas, tais como o deslocamento a pé no campo e o deslocamento com veículos a campo.

É importante destacar que o termo “drone” é apenas um nome genérico. Drone é um apelido informal, originado nos EUA, que vem se difundindo mundo a fora, para caracterizar todo e qualquer objeto voador não tripulado, seja ele de qualquer propósito (profissional, recreativo, militar, comercial, etc), origem ou característica. Ou seja é um termo genérico, sem amparo técnico ou definição na legislação (GALVÃO, M. R., 2017).

VANT (veículo aéreo não tripulado), por outro lado, é a terminologia oficial prevista pelos órgãos reguladores brasileiros do transporte aéreo para definir este escopo de atividade. Há, no entanto algumas diferenças importantes. No Brasil, segundo a legislação pertinente (Circular de Informações Áreas AIC nº 21/10), caracteriza-se como VANT toda aeronave projetada para operar sem piloto a bordo. Esta, porém, há de ser de caráter não recreativo e possuir uma carga útil embarcada. Em outras palavras, nem todo “drone” pode ser considerado um VANT, já que um Veículo Aéreo Não Tripulado utilizado como hobby ou de esporte enquadra-se, por definição legal na legislação pertinente aos aeromodelos e não a de um VANT (GALVÃO, M. R., 2017).

Do mesmo modo, há dois tipos diferentes de VANT. O primeiro, mais conhecido, é o RPA (Remotely Piloted Aircraft/ em português, Aeronave Remotamente Pilotada). Nessa condição, o piloto não está a bordo, mas controla a aeronave remotamente de uma interface qualquer (computador, simulador, dispositivo digital, controle remoto, etc). Diferente de outra subcategoria de VANT, a chamada “Aeronave Autônoma” que, uma vez programada, não permite intervenção externa durante a realização do voo. Como no Brasil a aeronave autônoma tem o seu uso proibido, trataremos a partir daqui apenas das RPA. A chamada RPA,

enfim, é a terminologia correta quando nos referimos a aeronaves remotamente pilotadas de caráter não-recreativo (GALVÃO, M. R., 2017).

Imagens de alta resolução espacial coletadas por RPA têm demonstrado potencial para monitoramento de variáveis agronômicas e ambientais. No entanto, é necessário a captura de um grande número de imagens sobrepostas que devem ser consolidadas para produzir uma única ortoimagem que representa toda a área de trabalho (GÓMES CANDÓN; DE CASTRO; LÓPEZ GRANADOS, 2013).

Os recentes avanços na agricultura de precisão apontam para a crescente utilização de imagens de satélites, bem como a utilização dos chamados Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPAS), que estão se destacando como uma tecnologia emergente na agricultura de precisão, os quais possibilitam a obtenção de informações bem como na tomada de decisão em tempo real (COLOMINA; MOLINA, 2014).

3.5 AGRICULTURA DE PRECISÃO

A agricultura de precisão é um processo técnico que está despertando muita atenção das empresas agrícolas, dos produtores e pesquisadores. Seu objetivo principal é a otimização da produtividade de modo a obter o máximo retorno financeiro e causar o mínimo impacto ambiental. Entretanto, o conceito de agricultura de precisão não é nenhuma novidade para alguns agricultores que já aplicavam essa técnica com o controle de produtividade, tendo o conhecimento de suas lavouras e sabendo quais eram as áreas que necessitavam maiores ou menores cuidados. Porém, com a mecanização cada vez mais presente nos campos e com o aumento da extensão de terras para cultivo, ficava impossível, para os produtores, ter um controle mais específico.

Segundo Molin (2001), a agricultura convencional é realizada pela média, onde todo o controle de entradas e saídas na propriedade é feito por valores médios. Em muitos casos, a amostragem de solos realizada em uma determinada área servirá para toda a propriedade.

Segundo Queiroz e Mantovani (2000), a agricultura de precisão é uma técnica cujo fundamento é o aumento da eficiência, pelo uso do manejo diferenciado das áreas trabalhadas, com um menor impacto ambiental. Essa técnica engloba o uso de computadores, sensores e elevados níveis de controle. A agricultura de precisão não consiste só na habilidade de aplicação do método, mas também na capacidade de monitorar e acessar a atividade em área específica.

Molin (2004) relata que o termo agricultura de precisão, no Brasil, é muito recente e tem causado muitas dúvidas. O desconhecimento da técnica faz com que alguns produtores acreditem que todo esse mecanismo não passa de um simples processo eletrônico capaz de detectar e apresentar soluções mágicas. Entretanto, essa técnica exige conhecimentos prévios e capacitação mais específica para que possa, assim, extrair o máximo dos dados provenientes dos aparelhos utilizados.

A determinação do posicionamento das regiões afetadas é uma das principais metas para a aplicação localizada de defensivos. Segundo Molin (2001), é importante realizar a demarcação das regiões afetadas em diferentes níveis de infestação para a aplicação de defensivos a taxas variáveis. Para Nuspl et al. (1996 apud BAILO; BALASTREIRE, 2002, 5 pág.), “é possível uma economia de herbicida na ordem de 30 a 80% quando se utiliza o controle localizado de plantas daninhas em áreas mapeadas, comparadas a aplicação em área total”.

Segundo Lamb e Brown (1993 apud ANTUNIASSI; SALVADOR, 2002), as fotografias áreas digitais com imagens hiperespectrais apresentam boa qualidade de resolução para identificação de plantas daninhas em meio a uma cultura ou restos vegetais.

Os autores ainda relatam que as imagens oriundas de satélites, no momento, não oferecem a qualidade necessária de resolução, em uma comparação custo/benefício, para o monitoramento de plantas daninhas no campo. No entanto, na agricultura já estão sendo utilizadas essas imagens com inúmeras finalidades, tais como monitoramento de lavouras, estimativas de volume de produção e índice de doenças e pragas.

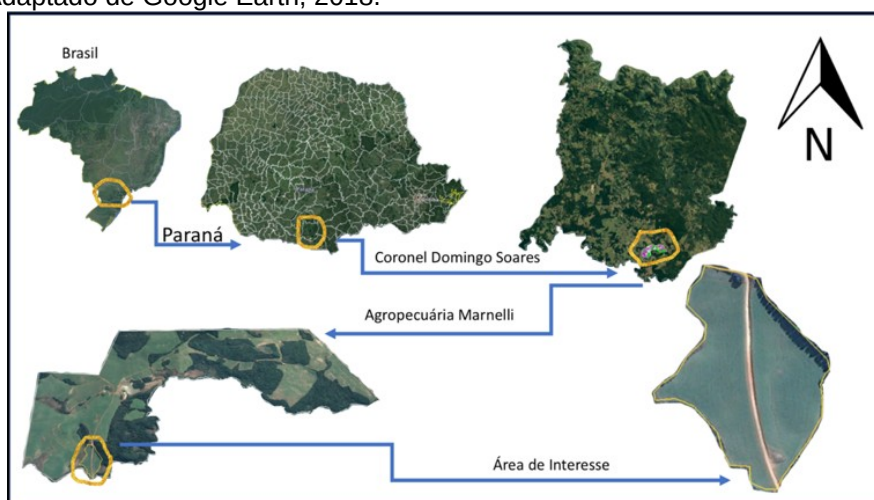
4 MATERIAL E MÉTODOS

A abordagem metodológica geral deste estudo foi monitorar o desenvolvimento da soja durante todo o seu ciclo fenológico, bem como mapear as variações espaciais nessa cultura, perfazendo quatro etapas principais: aquisição de imagens de alta resolução utilizando o sistema de câmera do RPA; processamento dessas imagens para formação do ortomosaico, extração de índices de vegetação colorida a partir de imagens ortomosaico; extração de índices de vegetação, por fim a análise das variações espaciais do soja.

4.1 ÁREA EXPERIMENTAL E ESPECIFICAÇÕES

O experimento foi conduzido em Coronel Domingos Soares – Paraná, na Agropecuária Marnelli (figura 1), pertencente a Guandalina Construções Eireli - ME, situada nas coordenadas geográficas com latitude 26°20'54" e longitude 51°54'31", e 1.100 metros de altitude. De acordo com o sistema de classificação climática de Köppen baseado na vegetação, temperatura e pluviosidade, a região pertence ao clima Cfb – Clima temperado; temperatura média no mês mais frio abaixo de 18 °C, com verões frescos, temperatura média no mês mais quente abaixo dos 22 °C, e sem estação seca definida, a precipitação média anual é de 1422 mm, sendo janeiro o mês mais chuvoso e agosto o mais seco (IAPAR, 2017).

Figura 1 – Adaptado de Google Earth, 2018.



O solo no local do experimento é classificado como Neossolo Litólico Distrófico (EMBRAPA, 2006). Foi utilizada a cultivar de soja TMG 7262. A semeadura da cultura foi realizada no sistema de plantio direto na palhada de aveia e azevém, em 15/11/2017, em espaçamento de 0,50 m com 10 sementes por metro para obter uma densidade de 09 plantas por metro e uma população final de 200.000 plantas por hectare. O tratamento de sementes foi realizado com fipronil + piraclostrobina + metil tiofanato (Standak Top – 100 mL p.c 40kg⁻¹ de semente) e inoculação das sementes com *Bradyrhizobium* (Masterfix – 100 mL p.c. 40 kg⁻¹ de semente). Para adubação de base foi utilizado 310 kg por hectare do fertilizante NPK na fórmula 06-35-06. A emergência ocorreu em 20/11/17. Os demais tratamentos culturais foram realizados conforme a necessidade da cultivar.

O desenvolvimento da cultura da soja foi acompanhada pela escala fenológica proposta por Fehr e Caviness (1977), revisada por Ritchie et al. (1997).

4.2 DESCRIÇÃO DO EQUIPAMENTO UTILIZADO

Neste experimento foi utilizado, um RPA modelo MAVIC PRO® (figura 2), fabricado pela DJI na China, foi utilizado como plataforma do sistema de câmera de baixa altitude (cerca de 70 metros acima do nível do solo), com os parâmetros de especificação descrito na tabela 1. Um celular (smart phone) com o aplicativo DRONE DEPLOY® foi usado para monitorar e controlar o voo autônomo por meio de rádio controle. Os voos foram realizados dezesseis vezes no intervalo médio de seis dias, respeitando os estágios fenológicos da cultura da soja, desde a emergência até o estágio de maturação, usando as rotas de voo que foram projetadas anteriormente no computador no aplicativo (figura 3).

A Câmera utilizada foi a que vem embarcada no próprio RPA, que foi utilizada para o mapeamento via aplicativo DRONE DEPLOY®, que realiza o disparo da fotografia conforme o deslocamento do RPA de maneira automática, com 65% de sobreposição lateral e 75% de sobreposição longitudinal. A câmera vem fixada em um gimbal de dois eixos, apontado verticalmente para baixo, e a resolução das imagens no nível do solo foi de 2,3 cm/pixel.

Figura 2 – RPA usado como plataforma do sistema de câmera .



Tabela 1 – Parâmetros de Performance do RPA

Especificações RPA	
Peso	734 (g)
Dimensões (Dobrado)	83x83x198 (mm)
Duração Bateria	23-27 (min)
Alcance	7 (km)
Altitude Máxima	300 (m)

Figura 3 – Rota de voo, adaptado de Dronedeploy, 2018.



Para realizar cada voo durante a realização da pesquisa foi necessário requisitar uma solicitação de voo junto ao DECEA – Departamento de Controle do Espaço Aéreo, que é feita de maneira on-line, onde se informa a área de pesquisa com coordenadas de latitude e longitude, após análise, e aprovação, emitiu-se um protocolo, o qual foi impresso e levado junto quando foi realizado o voo referente a tal protocolo.

4.2 PROCESSAMENTO DAS IMAGENS

Após a obtenção de todas as imagens durante todo o ciclo fenológico da cultura da soja, as mesmas foram enviadas para a empresa HECTARE®, que realiza trabalhos na área de topografia e engenharia ambiental, a mesma fez a montagem das imagens gerando os ortomosaicos.

Para a montagem das imagens foi utilizado o software AGISOFT PHOTOSCAN®, após a montagem dos ortomosaicos, cada imagem ficou com uma média de 10000x13000 pixels de tamanho, e a resolução do solo atingiu 5,5 cm/pixel.

Contudo, após essa etapa de montagem iniciou-se o recorte das áreas de interesse usando o software de uso livre Quantum Gis (QGIS®), versão 2.14. Para isso delimitou-se um polígono que foi usado como padrão em todos os ortomosaicos, sendo assim em cada uma das dezesseis imagens foi recortado a área em questão, para dar início ao processo de cálculo dos índices de vegetação.

4.3 ÍNDICES DE VEGETAÇÃO

O mesmo software Quantum Gis (QGIS®), foi utilizado também para gerar os índices de vegetação da área de estudo. Usando a ferramenta calculadora raster, contida nesse software, calculamos os dois índices de vegetação descritos no referencial teórico.

Dentro dessa ferramenta tem uma área onde se digita a equação referente ao índice de vegetação a ser calculado, conforme realiza-se a formação da

equação é necessário seleccionar qual banda que se refere ao verde, ao azul e ao vermelho, para que o software possa realizar o cálculo do índice de maneira correta.

Após realizado esse cálculo para cada um índice de vegetação, em cada um dos dezesseis mapas foram marcados 72 pontos de forma aleatória para saber qual o valor do pixel em cada estágio de desenvolvimento. Com esses dados foram feitas duas tabelas (apêndices), e com base nisso gerou-se os gráficos do perfil espectral referente também a cada índice.

4.4 ANÁLISE DE DADOS

Primeiramente, a análise foi um procedimento visual dos índices de vegetação, levando em consideração o que cada índice revelava sobre o mapeamento realizado em todo o desenvolvimento da cultura.

O segundo elemento analisado foi o comportamento espectral de cada índice, isso foi feito com base nos valores numéricos que foram gerados após a análise dos índices de vegetação, calculados a partir das equações determinadas para cada índice.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 OBTENÇÃO DE IMAGENS

A obtenção de imagens foi realizada acompanhando o desenvolvimento da cultura, levando em consideração o seu ciclo fenológico. Seguindo os protocolos previamente cadastrados na ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil, conforme a tabela 2.

Tabela 2 – Protocolos de voos fornecidos pela ANAC.

Estágio	Data	Horário (hrs)	Protocolo
Emergência	26/11/2017	12:53	CBB166
V0	02/12/2017	12:40	DEA896
V1	10/12/2017	11:59	B273A6
V2	18/12/2017	13:02	C2F17A
V3	27/12/2017	11:52	ACB33B
V4	03/01/2018	16:20	1C23AA
V5	06/01/2018	09:10	047F33
V6	18/01/2018	11:44	E32DBA
R1	26/01/2018	15:29	ED6A54
R2	31/01/2018	11:20	C62EAE
R3	02/02/2018	12:17	5F8392
R4	06/02/2018	11:23	C46BC5
R5	10/02/2018	12:15	275EF7
R6	09/03/2018	12:35	EF5C18
R7	25/03/2018	10:34	F5AE28
R8	04/04/2018	12:05	13A31F

A obtenção de imagens sempre foi tentando preservar o horário de meio dia, que é onde ocorre a maior reflectância, porém nem sempre foi possível, pois o tempo ficava nublado de maneira abrupta, bem como algumas vezes estava chovendo, outra situação é que por ser uma área de muita altitude ventava muito,

dessa maneira em alguns momentos os sensores do RPA impossibilitavam que o equipamento realizasse o voo devido a velocidade do vento estar muito elevada.

5.2 IMAGENS GERADAS

A cultura foi acompanhada durante todo o seu desenvolvimento, desde o plantio até a colheita, a cada voo realizado era coletado uma planta, para observar como ela estava se desenvolvendo, pode-se notar uma mudança abrupta de desenvolvimento a partir de V3 (figura 4), isso também é comprovado pelos mapas que seguem abaixo, onde a relação verde vermelho (GRR) começa a ficar mais nítida, isso está relacionado então ao aumento de IAF, o que aumenta também a reflectância a qual o sensor é capaz de obter, desse maneira começando a alterar a tonalidade da falsa cor nos mapas.

GRR foi o índice que teve melhor desempenho, pois consegue demonstrar uma ampla diferença perante as duas glebas (figura 5), já na emergência é nítida a diferença, pois do lado esquerdo é uma área onde havia gado de corte durante o inverno, o que deixou menos palhada remanescente, já a gleba do lado direito possuía uma quantidade significativamente maior de palhada o que é visivelmente fácil de se identificar analisando a figura GRR_Emergencia.

Esse índice também revela fatores importantes como o revolvimento do solo na hora do plantio, como a relação é somente verde/vermelho é mais fácil a identificação, dessa maneira por exemplo se o operador tivesse esquecido de abaixar a semeadeira, nesse primeiro momento já seria possível identificar essa falha e realizar o replantio, dessa maneira também diminuindo a infestação por plantas daninhas no lugar onde tivesse ocorrido a falha.

Outra peculiaridade muito interessante é que na área onde teve pisoteio do gado, menos palhada remanescente, consegue-se observar nitidamente a partir de GRR_V4 o melhor desenvolvimento do dossel dessas plantas, ou seja o RPA também pode ser utilizado para acompanhar se há declínio ou incremento de produtividade em áreas de pastejo.

Figura 4 – Escala de desenvolvimento da cultivar TMG 7262.

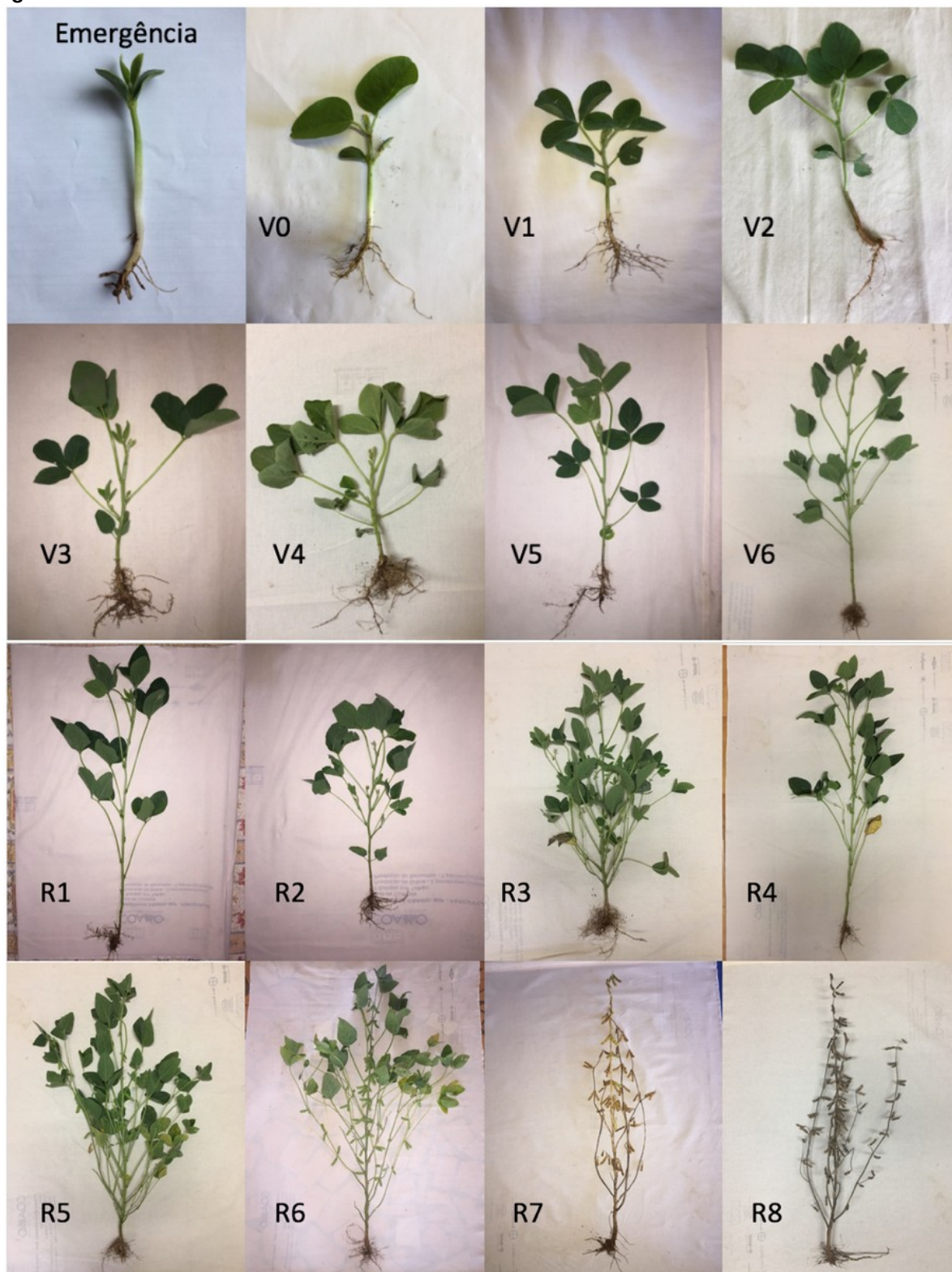
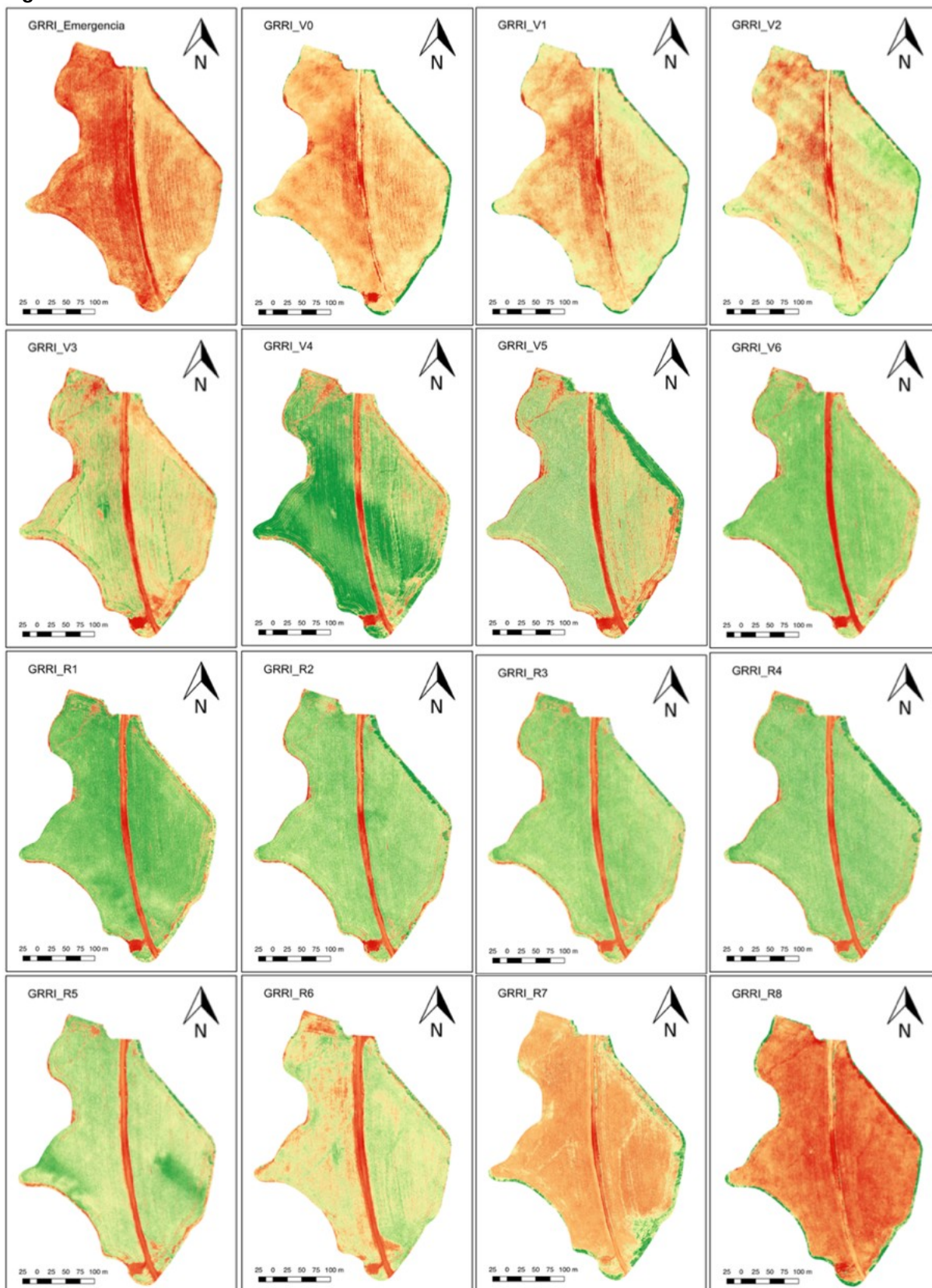


Figura 5 – Desenvolvimento do dossel índice GRRi

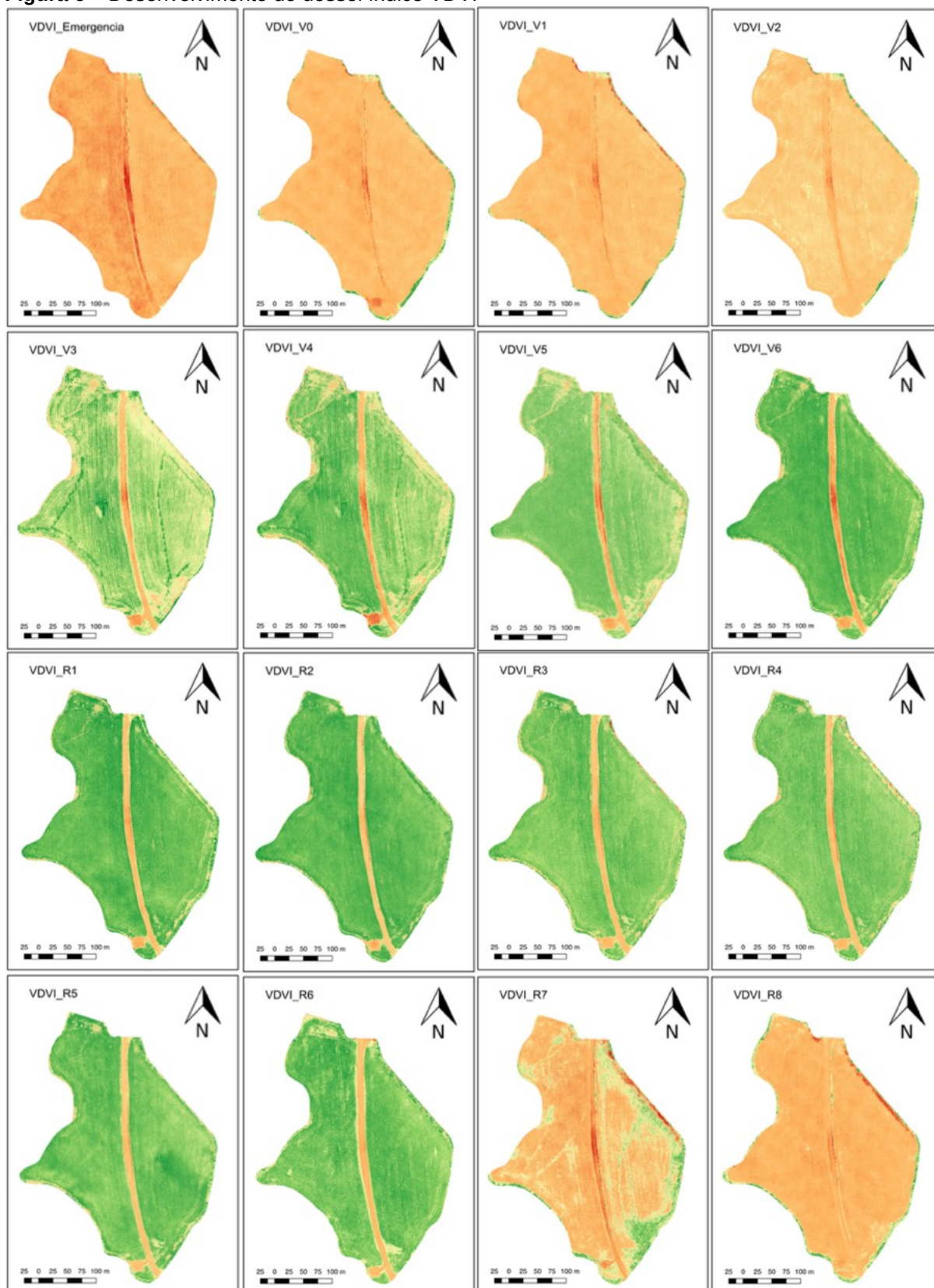
Em GRR1_R6 já é possível observar que as plantas estão com uma quantidade menor de folhas, isso é consequência do melhor desenvolvimento devido a ciclagem de nutrientes realizada pelo pastoreio do gado, como essas plantas tiveram um pleno desenvolvimento, conseguiram entregar sua produtividade alguns dias antes perante a área onde não foi pastoreada.

Por fim, conseguimos observar o ponto ideal de colheita, ou seja na maturação de campo, somente com as imagens obtidas pelo próprio equipamento, através da análise de falsa cor é nítida a diferença entre os estágios de GRR1_R7 e GRR1_R8, o que determina que a cultura já pode ser colhida.

Já no índice VDVI podemos obter uma visualização direta da rápida mudança do status de crescimento do soja através da interpretação de imagens (figura 6). Também podemos ver a variação dentro do campo, bem como a densidade das plantas. O verde do dossel atingiu sua condição de pico no estágio fenológico VDVI_R6, pode-se observar no mapa, e o processo de senescência começou a partir de então, onde a planta já havia terminado toda transmissão de fotoassimilados para os grãos e começou o processo de secagem.

Consegue-se também observar com o avanço da cultura manchas relacionadas ao dossel, o que está fortemente relacionado com as condições de solo, por exemplo, no canto superior esquerdo observamos uma voçoroca causada por fortes volumes de enxurrada que ocorreram durante esta safra, já no canto inferior esquerdo também conseguimos observar um grande volume de solo descoberto, isso ocorreu porque a prefeitura do município abriu os desaguadores dentro da lavoura, no centro da imagem, conseguiu-se observar que não houve nunca uma relação verde/vermelho isso porque se trata da estrada municipal. Já do lado esquerdo pode-se observar mais homogeneidade na gleba, temos uma mancha de solo na parte inferior esquerda próximo a estrada, que trata-se de um afloramento de rochas, típico do solo encontrado na região.

Outra aspecto bastante interessante é que tanto no início do desenvolvimento da cultura como no final, ocorre a mesma situação um solo totalmente descoberto por matéria verde, e isso é facilmente identificado pelos mapas VDVI_Emergencia e VDVI_R8 onde ombos apresentam as mesmas características.

Figura 6 – Desenvolvimento do dossel índice VDMI

Já em todos os mapas do índice VDVI, do lado direito na diagonal superior, observa-se uma faixa, no estágio vegetativo que possuem uma coloração verde mais intensa em relação ao resto da gleba, já nos estádios reprodutivos as plantas nesse mesmo local começam a perder as folhas antes que as demais, isso se deve ao fato da área ser sombreada devido a área de reflorestamento que se situa logo acima.

Então com os mapas gerados pelo índice VDVI é fácil identificar onde ocorrem as voçorocas, decorrentes do escoamento superficial e seu posterior acúmulo, é possível então, utilizar esses mapas, juntamente com o mapa de declividade com o intuito de indicar onde devem ser feitas curvas de níveis evitando que isso ocorra, preservando assim que esse solo de qualidade se mantenha na lavoura, e não seja “lavado”, pois o solo é a ferramenta fundamental para o desenvolvimento de qualquer cultura.

5.3 PERFIL ESPECTRAL DE CADA ÍNDICE

Para realizar o perfil espectral de cada índice foram analisados setenta e dois pontos em cada voo, cada um desses pontos é referente a um pixel na imagem ortorretificada, esse valor numérico refere-se ao IAF daquele pixel, os gráficos de cada índice foram gerados com base na média desses valores.

Para o índice GRRI temos ao longo dos dezesseis voos, um crescimento vegetativo como o esperado, ou seja correlacionando com as imagens do desenvolvimento fenológico, observamos a partir de GRRI_V3 um crescimento mais significativo, o que se comprova com a média das análises pontuais a qual foi utilizada para gerar o gráfico.

Pode-se também observar que até o estágio fenológico GRRI_R5 que a planta vem aumentando de valor de maneira gradual, ou seja não existe nenhum período que demande mais atenção para tratamentos culturais, (sabemos que isso não é uma realidade na prática), como pode-se observar no gráfico a seguir (figura 7), geralmente quando se inicia o estágio reprodutivo, aumenta-se a reflectância, conseqüentemente o valor referente ao IAF, e por fim vem a afetar a produtividade.

Figura 7 – Perfil espectral índice GRII

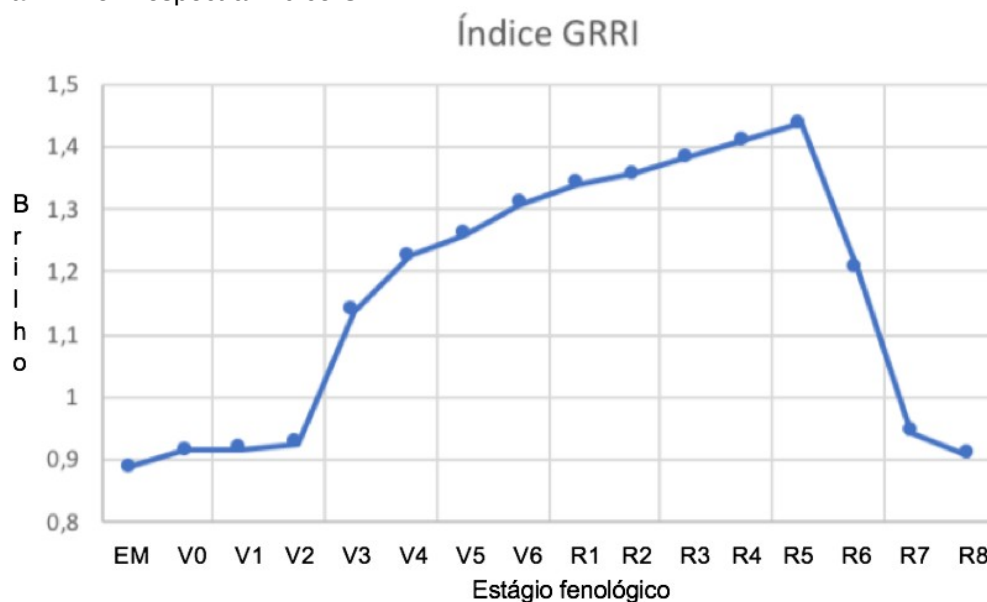
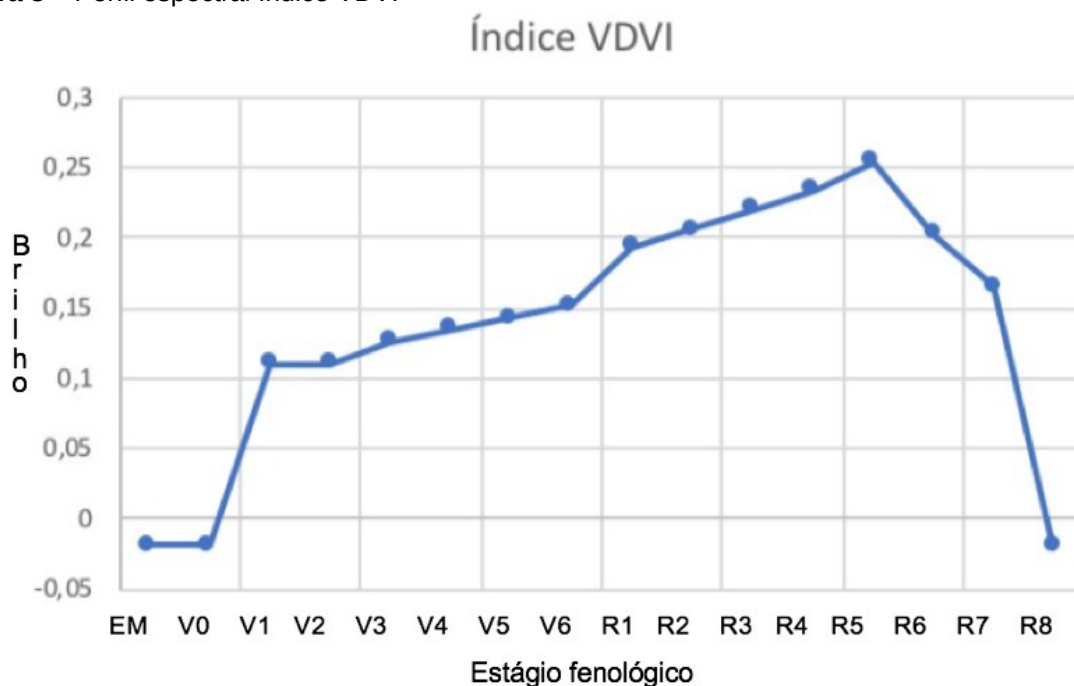


Figura 8 – Perfil espectral índice VDVI



O índice VDVI se comporta como o esperado, porém sua acurácia é menor do que o índice anterior, como pode-se observar entre a VDVI_Emergência e VDVI_V0 os valores se mantiveram estável (figura 8), o que não ocorre na prática, porque entre um estágio e outro já ocorre um crescimento vegetativo.

Contudo pode-se notar um aumento mais acelerado no índice entre VDVI_V6 e VDVI_R1, isso se deve ao fato de que se inicia o crescimento

reprodutivo, o que de fato, com a emissão de flores aumenta a reflectância, e conseqüentemente é interessante que o sensor consiga captar esse momentos, porque diferente do índice anterior sabemos que nesse período devemos dar mais atenção aos tratos culturais na cultura.

Portanto é um índice com certa dificuldade de análise quando trata-se de analisar solo descoberto, porém quando a parte vegetativa já é significativamente desenvolvida, ele representa bem melhor o dossel da cultura do que o índice anterior.

6 CONCLUSÕES

Com as imagens de um RPA de baixo custo baseados em uma câmera RGB acessível a nível de consumidor, conseguiu-se calcular imagens ortorretificadas de alta resolução a partir de uma área cultivada de soja. Observou-se o desenvolvimento de padrões espaciais no dossel da cultura, desde a emergência até a colheita, e com isso foi possível avaliar qualitativamente as mudanças no dossel.

Concentrou-se esforços principalmente para visualizarmos o crescimento multitemporal da soja, demonstrando aptidão do equipamento para o estudo proposto.

Portanto, essas imagens obtidas podem ser aplicadas para quantificar as frações totais de vegetação e o status de crescimento da cultura, por fim essas informações podem contribuir para determinar tratamentos adequados à cultura.

REFERÊNCIAS

ANTUNIASSI, U. R.; SALVADOR, A. Análise de imagens aéreas para mapeamento de plantas daninhas em sistemas de agricultura de precisão. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA DE PRECISÃO. **Anais**. Viçosa: Anais, 2002. v. 2.

BAIO, F.H.R.; BALASTREIRE, L.A. Avaliação de um sistema para aplicação localizada de defensivos baseados na variabilidade espacial das plantas daninhas. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA DE PRECISÃO. **Anais**. Viçosa, 2002. v. 2.

BLACK, R. J. Complexo soja: fundamentos, situação atual e perspectiva. In: CÂMARA G. M. S. **Soja: tecnologia de produção II**. Piracicaba: ESALQ, 2000. p. 1–18.

BONATO, E. R.; BONATO, A. L. V. **A Soja no Brasil: História e Estatística**. 1987. Disponível em: < https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=A+Soja+no+Brasil%3A+História+e+Estat%C3%ADstica&btnG= >.

BONETTI, L. P. Distribuição da soja no mundo. In: ITAL. **A soja no Brasil**. Campinas: Miyasaka, S. and Medina, J.C., 1981. p. 1–16.

CAMBONE, S.A. et al. **Unmanned aircraft system roadmap 2005-2030**. [S.I.], 2005.

CANDIAGO, S. et al. Evaluating multispectral images and vegetation indices for precision farming applications from UAV images. **Remote Sensing**, v. 7, n. 4, p. 4026–4047, 2015.

COLOMINA, I.; MOLINA, P. Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review. In: . [S.I.]: Elsevier, 2014. v. 92, p. 79–97.

CONAB, Companhia Nacional do Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira**. Brasília: CONAB, 2016. 1–156 p.

EMBRAPA. **Levantamento do Reconhecimento dos Solos do Estado do Paraná**. Rio de Janeiro – RJ, 2017. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/339505/97/MI512.pdf>>.

EPIPHANO, J. C. N. et al. Índices de vegetação no sensoriamento remoto da cultura do feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 6, p. 445–454, 1996.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. Stages on soybean development. **Ames: Iowa State University/Cooperative Extension Service**, p. 11, 1977.

FLORENZANO, Tereza Gallotti. Imagens de satélites para estudos ambientais. **São Paulo: Oficina de Textos**, 2002.

GALVÃO, M. R. **Você sabe a diferença entre VANT, DRONE e RPAS?** 2017. Disponível em: <<https://www.drondrones.com.br/singlepost/2017/01/06/Você-sabe-a-diferença-entre-VANT-DRONE-e-RPAS>>.

GÓMEZ-CANDÓN, D.; CASTRO, A. I. DE; LÓPEZ-GRANADOS, F. Assessing the accuracy of mosaics from unmanned aerial vehicle (uav) imagery for precision agriculture purposes in wheat. **Precision Agriculture**, v. 15, p. 44–56, 2014.

HOLBEN, B. N.; TUCKER, C. J.; FAN, C. J. Spectral assessment of soybean leaf area and leaf biomass. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 46, p. 651–656, 1980.

IAPAR, Instituto Agrônômico do Paraná. **Cartas Climáticas do Paraná: Classificação Climática**. Londrina - Paraná: [s.n.], 2017. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=863>>.

JENSEN, J. R.; JACKSON, M. W. Introductory digital remote sensing image processing. **The remote sensing process**, v. 3, 2006.

LORENZI, H; LORENZI, H. **Plantas daninhas no Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas, tóxicas e medicinais**. 3. ed. [S.l.]: Nova Odessa, 1991. 440 p.

MAKAROV, M. et al. Octorotor uavs for radar applications: Modeling and analysis for control design. **Educaion and Development Of Unmanned Aerial System (RED-UAS)**, p. 288–297, 2015.

MAUAD, M. et al. InCúência da densidade de semeadura sobre características agrônômicas na cultura da soja. **Revista Agrarian**, v. 3, n. 9, p. 175–181, 2010.

MELO, D. H. C. T. B. **Uso de dados Ikonos II na análise urbana: testes operacionais na zona leste de São Paulo**. 146 p. Dissertação (Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto)) Ó Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos – SP, 2002. INPE-9865-TDI/870).

MOLIN, J. P. **Agricultura de precisão – o gerenciamento da variabilidade**. Piracicaba: ESALQ, 2001. 83 p.

MOLIN, J. P. Geração e interpretação de mapas de produtividade para a agricultura de precisão. **Borém, A. et al. (Org.) Agricultura de precisão**, Viçosa, p. 237–258, 2000.

MOLIN, J. P. Tendência de agricultura de precisão no Brasil. In: ESALQ (Ed.). **Congresso Brasileiro De Agricultura De Precisão**. Piracicaba: ESALQ, 2004. v. 1, p. 1–10.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 3. ed. [S.l.]: Viçosa: UFV, 2007. 320 p.

MOREIRA, M. A.; ASSUNÇÃO, G. V. **Princípios básicos, metodologias e aplicações de sensoriamento remoto na agricultura**. São José dos Campos: INPE, 1984. 70 p.

MOTTOLA, L. Real world drone sensor networks: A multi-disciplinary challenge. In: ACM PRESS. **In Proceedings of the 6th ACM Workshop on Real World Wireless Sensor Networks**. New York, New York, USA, 2015. p. 1–1.

NETO, S. P. da Silva. **A evolução da produtividade da soja no Brasil**. Planaltina, DF, 2011. Disponível em: <http://www.cpac.embrapa.br/noticias/artigosmidia/publicados/335>.

NOVO, E. M. L. de M. **Sensoriamento remoto: Princípios e aplicações**. Editora **Edgar Blücher Ltda**, São José dos Campos, p. 308, 1989.

PONZONI, F. J. Comportamento espectral da vegetação. **Sensoriamento remoto, reflectância dos alvos naturais**, Embrapa Cerrados, Brasília – DF, p. 157–199, 2001.

QUEIROZ, C. J. de. **Análise de transformações geométricas para o georreferenciamento de imagens de satélite CBERS-1**. Dissertação (Mestrado) — UFRGS, 2003. Dissertação (mestrado em sensoriamento remoto). Disponível em: www.ufrgs.br/srm/dissertacoespos/a18.html.

QUEIROZ, D. M.; DIAS, G. P.; MANTOVANI, E. C. Agricultura de precisão na produção de grãos. **Borém, A. et al. (Org) Agricultura de precisão**, Viçosa, p. 1–41, 2000.

RASMUSSEN, J. et al. Are vegetation indices derived from consumer-grade cameras mounted on UAVs sufficiently reliable for assessing experimental plots? **European Journal of Agronomy**, Elsevier, p. 75–92, 2016.

REEVES, R. G. **Manual of remote sensing**. American Society of Photogrammetry. Falls Church, Virginia, 1975. v. 2, n. 22, 2144 p.

RIZZI, R.; L, Fonseca. E. Análise da variação espacial e temporal do ndvi no estado do rio grande do sul através de imagens avhrr. **Simpósio Brasileiro De Sensoriamento Remoto**, São José dos Campos: INPE, 2001, v. 10, p. 1735–1737, 2001.

SCHIRRMANN, Michael et al. Monitoring agronomic parameters of winter wheat crops with low-cost uav imagery. **Remote Sensing**, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, v. 8, n. 9, p. 706, 2016.

SCHOWENGERDT, R. A. **Techniques for Image Processing and Classification in Remote Sensing**. [S.l.]: University of Arizona, 1983. 249 p.

SENSORIAMENTO, Processamento Digital de Imagens de. **Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Campinas, SP: UNICAMP/Instituto de Geociências, 1999.

SILVA, E. T. J. B. **Utilização dos índices de vegetação do sensor modis para detecção de desmatamentos no cerrado: investigação de parâmetros e estratégias**. 146 p. Dissertação (Dissertação (Mestrado em Geologia)) Universidade de Brasília, Brasília, 2004.

STRECK, N. A. et al. Estimativa do plastocrono em cultivares de soja. **Bragantia**, Scielo Brasil, Campinas, v. 67, n. 1, p. 67–73, 2008.

TORRES-SÁNCHEZ, Jorge et al. Multi-temporal mapping of the vegetation fraction in early-season wheat fields using images from UAV. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 103, p. 104-113, 2014.

TUCKER, C. J. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. **Remote Sensing of Environment**, Elsevier, v. 8, n. 2, p. 127–150, 1979. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.1016/0034-4257\(79\)90013-0](http://dx.doi.org/10.1016/0034-4257(79)90013-0).

VENCATO A. Z., et al. Anuário brasileiro de soja 2010. **Gazeta Santa Cruz**, Santa Cruz do Sul, p. 144, 2010.

VOLL, E. et al. Competição relativa de espécies de plantas daninhas com dois cultivares de soja. **Planta Daninha**, Embrapa soja – artigo em periódico indexado ALICE, v. 20, n. 1, p. 17–24, 2002.

VON BUEREN, S. K. et al. Deploying four optical uav-based sensors over grassland: challenges and limitations. **Biogeosciences**, Göttingen, v. 12, n. 1, p. 163, 2015.

ÍNDICE DE APÊNDICES E ANEXOS

APÊNDICE A – Valores referentes aos setenta e dois voos que representam o índice de vegetação GRRl.....	47
APÊNDICE A – Continuação.....	48
APÊNDICE B – Valores referentes aos setenta e dois voos que representam o índice de vegetação VDVI.....	49

APÊNDICES

APÊNDICE A – Valores referentes aos setenta e dois voos que representam o índice de vegetação GRII.

Nº	GRII-EMERGENCI	GRII_V0	GRII_V1	GRII_V2	GRII_V3	GRII_V4	GRII_V5	GRII_V6
1	0,9099	0,9150	0,9146	0,9341	0,9569	0,9913	1,0569	1,2183
2	0,8860	0,9045	0,9045	0,9356	1,1572	1,3387	1,3495	1,3586
3	0,8986	0,8962	0,9145	0,9182	1,0600	1,2147	1,2391	1,2516
4	0,8926	0,9099	0,9099	0,9142	1,0670	1,1592	1,2038	1,2064
5	0,8670	0,9136	0,9134	0,9234	1,2000	1,2162	1,2291	1,2905
6	0,8612	0,8910	0,9090	0,9099	1,0800	1,2611	1,2823	1,3312
7	0,8648	0,8901	0,9253	0,9285	1,1853	1,2055	1,2290	1,3081
8	0,8658	0,8905	0,9191	0,9216	0,9689	1,0814	1,0985	1,2626
9	0,8742	0,8829	0,8901	0,8999	1,2620	1,3255	1,3546	1,3695
10	0,9350	0,9104	0,9222	0,9222	0,9827	1,2377	1,2596	1,2816
11	0,9144	0,9279	0,9327	0,9392	1,1481	1,2149	1,2222	1,2267
12	0,8947	0,8980	0,9168	0,9251	0,9613	1,1099	1,1237	1,2051
13	0,8514	0,8789	0,8960	0,8999	0,9898	0,9906	1,1562	1,2352
14	0,9189	0,9368	0,9364	0,9336	1,0211	1,1710	1,2117	1,2403
15	0,8379	0,8666	0,8685	0,9004	1,2416	1,3928	1,4095	1,4191
16	0,8092	0,8532	0,8557	0,8588	1,1358	1,1602	1,2026	1,2987
17	0,8949	0,9460	0,9460	0,9585	1,0699	1,1172	1,1793	1,2500
18	0,8886	0,9547	0,9512	0,9573	1,1443	1,1494	1,2000	1,2409
19	0,9226	0,9105	0,9222	0,9399	1,0904	1,1084	1,1315	1,1830
20	0,9241	0,9065	0,9289	0,9453	1,0815	1,0990	1,1282	1,1696
21	0,8651	0,8787	0,8999	0,9059	0,9377	1,2822	1,3142	1,3161
22	0,9154	0,9085	0,9125	0,9282	1,3170	1,3856	1,4179	1,4379
23	0,8769	0,9117	0,9269	0,9264	1,2325	1,3117	1,3177	1,3481
24	0,9095	0,9289	0,9330	0,9318	1,1987	1,2675	1,3185	1,3265
25	0,8516	0,8916	0,8965	0,9137	1,0639	1,1748	1,2227	1,2804
26	0,8529	0,8924	0,8947	0,9085	1,1902	1,2624	1,2796	1,3032
27	0,8878	0,9107	0,9154	0,9215	1,2903	1,3057	1,3246	1,3750
28	0,8961	0,9395	0,9329	0,9323	1,1353	1,1542	1,1718	1,3488
29	0,8938	0,9289	0,9336	0,9330	1,0112	1,1764	1,1846	1,3515
30	0,8691	0,9004	0,9137	0,9179	1,3577	1,4662	1,5206	1,5226
31	0,8762	0,9212	0,9205	0,9255	1,2803	1,2828	1,2879	1,3500
32	0,8763	0,9241	0,9264	0,9241	1,1067	1,2032	1,2368	1,3181
33	0,9054	0,9100	0,9100	0,9119	0,9664	1,1168	1,1822	1,2831
34	0,8673	0,9227	0,9228	0,9236	1,3974	1,4496	1,4782	1,4835
35	0,9080	0,9466	0,9305	0,9351	1,1612	1,3121	1,3333	1,3733
36	0,8939	0,9305	0,9326	0,9688	1,0617	1,2941	1,3568	1,3698
37	0,9120	0,9114	0,9195	0,9189	1,1492	1,1707	1,2222	1,2527
38	0,8916	0,9480	0,9430	0,9549	1,0484	1,1780	1,2238	1,2885
39	0,9399	0,9132	0,9170	0,9193	1,0379	1,1602	1,2269	1,2670
40	0,8789	0,9077	0,9174	0,9256	1,0268	1,0697	1,1441	1,1836
41	0,8571	0,9289	0,9270	0,9283	1,1383	1,1562	1,1875	1,2215
42	0,8563	0,9411	0,9457	0,9471	1,1329	1,2063	1,2427	1,2754
43	0,8823	0,9227	0,9219	0,9272	1,1862	1,2360	1,2903	1,3062
44	0,8556	0,9157	0,9155	0,9339	1,1052	1,3377	1,3756	1,3972
45	0,8612	0,9082	0,9081	0,9285	1,3170	1,3670	1,3679	1,4307
46	0,9090	0,9106	0,9147	0,9203	1,2727	1,2751	1,2846	1,3048
47	0,8795	0,9152	0,9206	0,9333	1,3354	1,3968	1,4059	1,4100
48	0,8612	0,8520	0,8592	0,8963	1,2616	1,2922	1,3028	1,3292
49	0,8691	0,9342	0,9343	0,9395	1,1680	1,2718	1,2808	1,3228
50	0,8588	0,9158	0,9234	0,9289	1,1864	1,2658	1,3017	1,3176
51	0,8858	0,8995	0,8997	0,9222	1,3551	1,3931	1,4259	1,4504
52	0,8960	0,9209	0,9266	0,9290	1,2093	1,2839	1,3283	1,3571
53	0,9025	0,9020	0,9021	0,9144	1,2403	1,2500	1,2727	1,3046
54	0,8814	0,8716	0,8757	0,9166	1,4400	1,5263	1,5344	1,5371
55	0,8913	0,9175	0,9177	0,9239	1,2213	1,2348	1,2367	1,2530
56	0,8877	0,8770	0,8804	0,9078	1,1005	1,1197	1,1909	1,3035
57	0,8861	0,9241	0,9241	0,9255	0,9956	1,1382	1,1756	1,2999
58	0,8971	0,9090	0,9091	0,9157	1,0055	1,1176	1,1388	1,2882
59	0,9230	0,9171	0,9210	0,9230	1,2739	1,3067	1,3125	1,3184
60	0,8861	0,9429	0,9430	0,9438	1,0223	1,2715	1,2797	1,2993
61	0,9054	0,9553	0,9549	0,9551	1,0733	1,1977	1,2051	1,2820
62	0,8791	0,9074	0,9148	0,9223	1,2322	1,2816	1,2977	1,3092
63	0,8674	0,9202	0,9241	0,9259	0,9710	1,2129	1,2296	1,2764
64	0,9304	0,9371	0,9251	0,9293	1,0952	1,1851	1,2090	1,2402
65	0,8645	0,9221	0,9222	0,9306	1,1046	1,1238	1,1319	1,2670
66	0,8737	0,9146	0,9122	0,9212	1,2307	1,2932	1,3529	1,3571
67	0,9107	0,9340	0,9408	0,9417	0,9846	1,1458	1,2260	1,2606
68	0,9159	0,9201	0,9212	0,9250	1,2843	1,2971	1,3308	1,3999
69	0,8909	0,9224	0,9264	0,9271	1,0242	1,2397	1,2525	1,2621
70	0,9120	0,9333	0,9334	0,9365	0,9708	1,0670	1,1457	1,2466
71	0,9114	0,9583	0,9567	0,9585	0,9894	0,9913	1,1209	1,2764
72	0,8826	0,9299	0,9306	0,9433	1,1180	1,1813	1,2073	1,2222

APÊNDICE A – Continuação...

GRR1_R1	GRR1_R2	GRR1_R3	GRR1_R4	GRR1_R5	GRR1_R6	GRR1_R7	GRR1_R8
1,2684	1,3013	1,3177	1,3873	1,4056	1,2131	0,9441	0,9238
1,3664	1,3666	1,3888	1,3999	1,4148	1,2093	0,9416	0,9155
1,3013	1,3157	1,3200	1,3913	1,4249	1,2089	0,9494	0,8988
1,2681	1,2727	1,2916	1,3750	1,3999	1,1980	0,9446	0,9073
1,3245	1,3333	1,3442	1,3605	1,3885	1,2000	0,9466	0,9066
1,3464	1,3500	1,3589	1,3719	1,3942	1,2045	0,9439	0,9166
1,3459	1,3564	1,3587	1,3660	1,4090	1,2022	0,9418	0,9090
1,2710	1,2805	1,2999	1,3415	1,3783	1,2200	0,9434	0,9073
1,3921	1,3958	1,4014	1,4122	1,4204	1,1948	0,9460	0,9033
1,3762	1,3968	1,4150	1,4177	1,4285	1,2000	0,9489	0,9187
1,3432	1,3742	1,3980	1,4157	1,4243	1,1932	0,9493	0,9095
1,2437	1,2672	1,3006	1,3819	1,4160	1,1904	0,9475	0,9027
1,2875	1,2974	1,3259	1,3571	1,4159	1,1965	0,9428	0,9067
1,2654	1,2826	1,3157	1,3513	1,4032	1,1985	0,9406	0,8961
1,4333	1,4556	1,4580	1,4631	1,4634	1,2022	0,9419	0,9130
1,3269	1,3298	1,3311	1,3606	1,4084	1,1926	0,9419	0,9132
1,2965	1,3165	1,3174	1,3665	1,4016	1,1953	0,9478	0,9157
1,2602	1,2822	1,3228	1,3451	1,3945	1,1987	0,9460	0,9005
1,2865	1,2901	1,3012	1,3602	1,4212	1,2122	0,9419	0,9126
1,2500	1,2673	1,2903	1,3303	1,3932	1,1931	0,9411	0,9082
1,3464	1,3571	1,3611	1,3983	1,4090	1,2131	0,9490	0,9099
1,4485	1,4567	1,4612	1,4778	1,4801	1,2142	0,9495	0,9196
1,3691	1,3865	1,4051	1,4375	1,4382	1,2131	0,9473	0,9195
1,3478	1,3544	1,3779	1,3784	1,4239	1,2173	0,9482	0,9077
1,2865	1,2863	1,3455	1,3783	1,4260	1,2159	0,9416	0,9060
1,3125	1,3112	1,3481	1,3875	1,4044	1,2045	0,9409	0,9095
1,4162	1,4354	1,4500	1,4652	1,4683	1,2087	0,9448	0,9074
1,3719	1,4153	1,4257	1,4606	1,4881	1,2067	0,9488	0,9126
1,3703	1,4198	1,4234	1,4473	1,4682	1,2051	0,9432	0,9111
1,5476	1,5578	1,5595	1,5643	1,5703	1,2033	0,9418	0,9095
1,4051	1,4165	1,4227	1,4313	1,4404	1,2013	0,9406	0,9035
1,3310	1,3555	1,3606	1,3934	1,4427	1,2101	0,9492	0,9095
1,2929	1,3000	1,3404	1,4099	1,4328	1,2027	0,9442	0,9038
1,5089	1,5325	1,5444	1,5442	1,5499	1,2088	0,9402	0,9180
1,3781	1,4355	1,4666	1,5123	1,5234	1,2079	0,9402	0,9062
1,3970	1,4021	1,4487	1,5176	1,5251	1,2033	0,9409	0,9038
1,3109	1,3498	1,4456	1,4666	1,4687	1,2000	0,9444	0,9030
1,3125	1,3368	1,4193	1,4234	1,4466	1,2051	0,9421	0,9151
1,2999	1,3456	1,3999	1,4255	1,4444	1,2071	0,9469	0,9073
1,2580	1,2710	1,3223	1,3454	1,4432	1,2058	0,9437	0,9028
1,2866	1,2965	1,3557	1,3904	1,3999	1,2035	0,9416	0,9058
1,2960	1,3143	1,3577	1,3684	1,3917	1,2037	0,9436	0,9116
1,3471	1,3544	1,3750	1,3960	1,4273	1,2023	0,9454	0,9006
1,4273	1,4329	1,4494	1,4765	1,4866	1,2040	0,9414	0,9029
1,4478	1,4501	1,4807	1,5004	1,5164	1,2025	0,9430	0,9162
1,3333	1,3444	1,3856	1,4019	1,4107	1,2079	0,9485	0,9170
1,4232	1,4320	1,4432	1,4615	1,4705	1,2048	0,9466	0,9010
1,3472	1,3546	1,3846	1,4571	1,4851	1,2000	0,9482	0,9102
1,3241	1,3323	1,3592	1,3942	1,4025	1,2056	0,9477	0,9170
1,3359	1,3361	1,3504	1,3552	1,4353	1,2011	0,9437	0,9018
1,4718	1,4718	1,5012	1,5164	1,5194	1,2032	0,9421	0,9072
1,3732	1,3737	1,3763	1,3899	1,4242	1,2097	0,9454	0,9107
1,3424	1,3650	1,4104	1,4112	1,4166	1,2037	0,9451	0,9027
1,5569	1,5602	1,5613	1,5653	1,5655	1,2020	0,9406	0,9030
1,2887	1,3187	1,3596	1,3636	1,4166	1,2018	0,9429	0,9078
1,3181	1,3356	1,3816	1,4161	1,4400	1,2061	0,9444	0,9029
1,3125	1,3218	1,3893	1,4105	1,4305	1,2083	0,9442	0,9095
1,3203	1,3347	1,3865	1,4107	1,4272	1,2014	0,9446	0,9058
1,3309	1,3411	1,3495	1,3548	1,4025	1,2089	0,9457	0,9103
1,3112	1,3240	1,3531	1,3779	1,4239	1,2061	0,9460	0,9095
1,3261	1,3382	1,3500	1,3790	1,4140	1,2117	0,9475	0,9065
1,3378	1,3423	1,3763	1,3893	1,4240	1,2091	0,9489	0,9038
1,2999	1,3165	1,3688	1,4146	1,4354	1,2071	0,9488	0,9069
1,2514	1,2840	1,3333	1,4051	1,4128	1,2046	0,9428	0,9027
1,3017	1,3239	1,3385	1,3435	1,4324	1,2088	0,9409	0,9146
1,3571	1,3677	1,3913	1,3928	1,4112	1,2037	0,9451	0,9011
1,3465	1,3564	1,3612	1,3613	1,4166	1,2094	0,9414	0,9086
1,4173	1,4248	1,4367	1,4443	1,4523	1,2000	0,9454	0,9068
1,2826	1,2933	1,3503	1,4036	1,4086	1,2089	0,9114	0,9010
1,2820	1,3211	1,3458	1,3565	1,4057	1,2056	0,9463	0,9047
1,3116	1,3245	1,3500	1,3589	1,4391	1,2134	0,9497	0,9044
1,2303	1,2543	1,3359	1,3763	1,4369	1,1935	0,9427	0,9061

APÊNDICE B – Valores referentes aos setenta e dois voos que representam o índice de vegetação VDVI.

Nº	VDVI_EMER_GENCI	VDVI_V0	VDVI_V 1	VDVI_V 2	VDVI_V 3	VDVI_V 4	VDVI_V 5	VDVI_V6	VDVI_R 1	VDVI_R 2	VDVI_R 3	VDVI_R4	VDVI_R5	VDVI_R6	VDVI_R 7	VDVI_R 8
1	-0,0051	-0,0051	0,1209	0,1209	0,1209	0,1386	0,1398	0,1535	0,2228	0,2228	0,2228	0,2355	0,2631	0,1956	0,1670	-0,0051
2	-0,0254	-0,0254	0,1067	0,1067	0,1067	0,1355	0,1436	0,1826	0,1879	0,2016	0,2279	0,2345	0,2678	0,2314	0,1692	-0,0455
3	-0,0139	-0,0139	0,0944	0,0944	0,0944	0,1419	0,1419	0,1420	0,1825	0,2067	0,2149	0,2323	0,2493	0,2085	0,1748	-0,0139
4	-0,0289	-0,0289	0,1068	0,1068	0,1068	0,1083	0,1350	0,1679	0,1816	0,2026	0,2043	0,2316	0,2679	0,2173	0,1790	-0,0289
5	-0,0210	-0,0210	0,1269	0,1269	0,1269	0,1378	0,1475	0,1654	0,1868	0,2037	0,2270	0,2361	0,2527	0,2112	0,1666	-0,0210
6	-0,0351	-0,0351	0,0864	0,0864	0,0864	0,1358	0,1471	0,1585	0,1680	0,2199	0,2228	0,2359	0,2568	0,2033	0,1625	-0,0351
7	-0,0152	-0,0152	0,1268	0,1268	0,1268	0,1421	0,1440	0,1526	0,1768	0,2023	0,2167	0,2315	0,2416	0,2217	0,1673	-0,0152
8	-0,0223	-0,0223	0,0388	0,0388	0,0388	0,1191	0,1365	0,1627	0,1876	0,2103	0,2248	0,2406	0,2507	0,1905	0,1788	-0,0223
9	-0,0178	-0,0487	0,1491	0,1491	0,1491	0,1517	0,1573	0,1656	0,1835	0,2081	0,2183	0,2298	0,2500	0,1973	0,1764	-0,0286
10	-0,0151	0,0053	0,0474	0,0474	0,0474	0,1276	0,1347	0,1560	0,2081	0,2009	0,2277	0,2444	0,2658	0,2018	0,1770	-0,0013
11	-0,0139	-0,0139	0,1005	0,1005	0,1005	0,1403	0,1455	0,1537	0,1791	0,2061	0,2240	0,2346	0,2638	0,1919	0,1729	-0,0139
12	-0,0106	-0,0087	0,0756	0,0756	0,0466	0,1161	0,1284	0,1509	0,2087	0,2067	0,2219	0,2333	0,2489	0,1934	0,1621	-0,0106
13	-0,0170	-0,0381	0,1052	0,0612	0,0612	0,1474	0,1503	0,1592	0,1959	0,2016	0,2195	0,2322	0,2491	0,2137	0,1715	-0,0170
14	-0,0148	-0,0085	0,0546	0,0546	0,0546	0,1362	0,1444	0,1555	0,2000	0,2028	0,2217	0,2354	0,2376	0,2054	0,1756	-0,0085
15	-0,0228	-0,0228	0,1332	0,1332	0,1332	0,1446	0,1446	0,1488	0,1883	0,1935	0,2109	0,2307	0,2466	0,2090	0,1632	-0,0228
16	-0,0229	-0,0311	0,1101	0,1101	0,1101	0,1401	0,1491	0,1540	0,2073	0,2129	0,2273	0,2317	0,2525	0,2316	0,1743	-0,0458
17	-0,0151	-0,0151	0,0812	0,0812	0,0812	0,1416	0,1447	0,1486	0,2015	0,2016	0,2138	0,2330	0,2584	0,1933	0,1677	-0,0151
18	-0,0171	-0,0171	0,0972	0,0972	0,0972	0,1323	0,1452	0,1477	0,1924	0,2048	0,2262	0,2374	0,2645	0,2106	0,1522	-0,0171
19	-0,0101	0,0028	0,0751	0,0751	0,0751	0,1360	0,1434	0,1470	0,2096	0,2126	0,2144	0,2352	0,2578	0,2250	0,1583	-0,0059
20	-0,0140	-0,0140	0,0713	0,0713	0,0713	0,1365	0,1369	0,1405	0,1931	0,2088	0,2235	0,2351	0,2398	0,1948	0,1704	-0,0140
21	-0,0268	-0,0268	0,0142	0,0142	0,0547	0,1307	0,1446	0,1502	0,1924	0,2055	0,2189	0,2333	0,2620	0,2018	0,1732	-0,0268
22	-0,0243	-0,0027	0,1955	0,1955	0,1955	0,1339	0,1406	0,1428	0,1972	0,2042	0,2270	0,2307	0,2421	0,2064	0,1673	-0,0027
23	-0,0172	-0,0341	0,1616	0,1616	0,1616	0,1335	0,1386	0,1552	0,2035	0,2151	0,2278	0,2349	0,2429	0,2009	0,1601	-0,0341
24	-0,0152	-0,0152	0,1299	0,1299	0,1299	0,1333	0,1333	0,1428	0,1818	0,2052	0,2194	0,2309	0,2476	0,2105	0,1508	-0,0152
25	-0,0229	-0,0363	0,0780	0,0780	0,0780	0,1351	0,1496	0,1508	0,1854	0,2149	0,2249	0,2250	0,2347	0,2131	0,1771	-0,0363
26	-0,0228	-0,0534	0,1259	0,1259	0,1259	0,1362	0,1452	0,1571	0,1866	0,2091	0,2135	0,2307	0,2619	0,1971	0,1649	-0,0534
27	-0,0188	-0,0188	0,1786	0,1786	0,1786	0,1382	0,1488	0,1527	0,1830	0,2037	0,2268	0,2385	0,2439	0,2059	0,1730	-0,0188
28	-0,0216	-0,0090	0,1021	0,1021	0,1021	0,1302	0,1365	0,1594	0,1908	0,2080	0,2271	0,2334	0,2500	0,1927	0,1605	-0,0106
29	-0,0119	-0,0085	0,0892	0,0892	0,0730	0,1419	0,1456	0,1485	0,1883	0,2021	0,2267	0,2361	0,2631	0,2211	0,1632	-0,0119
30	-0,0254	-0,0254	0,1657	0,1657	0,1657	0,1340	0,1340	0,1400	0,1811	0,1938	0,2122	0,2367	0,2638	0,1950	0,1633	-0,0254
31	-0,0173	-0,0173	0,1477	0,1477	0,1477	0,1354	0,1377	0,1463	0,1881	0,2126	0,2192	0,2361	0,2491	0,2107	0,1724	-0,0173
32	-0,0220	-0,0220	0,1692	0,1692	0,1692	0,1360	0,1385	0,1505	0,1893	0,1969	0,2133	0,2340	0,2590	0,2105	0,1595	-0,0220
33	-0,0284	-0,0422	0,0139	0,0139	0,0957	0,1333	0,1402	0,1428	0,1833	0,1926	0,2258	0,2316	0,2612	0,1926	0,1602	-0,0422
34	-0,0151	-0,0060	0,2281	0,1217	0,2281	0,1348	0,1376	0,1469	0,1808	0,2017	0,2186	0,2307	0,2534	0,1913	0,1733	-0,0151
35	-0,0136	-0,0076	0,1197	0,1197	0,1197	0,1318	0,1381	0,1507	0,2043	0,2094	0,2110	0,2368	0,2651	0,2144	0,1548	-0,0136
36	-0,0141	-0,0141	0,0741	0,0647	0,0741	0,1396	0,1445	0,1588	0,1974	0,2026	0,2270	0,2328	0,2478	0,1904	0,1793	-0,0134
37	-0,0223	-0,0187	0,1179	0,1179	0,1179	0,1380	0,1434	0,1474	0,2090	0,2132	0,2159	0,2357	0,2631	0,1975	0,1729	-0,0187
38	-0,0140	-0,0140	0,0662	0,0662	0,0662	0,1360	0,1412	0,1568	0,1967	0,2023	0,2258	0,2307	0,2461	0,2113	0,1519	-0,0140
39	-0,0169	-0,0070	0,0669	0,0669	0,0669	0,1362	0,1392	0,1438	0,1908	0,2099	0,2199	0,2374	0,2608	0,2152	0,1705	-0,0107
40	-0,0112	-0,0112	0,0730	0,0730	0,0730	0,1369	0,1450	0,1580	0,2030	0,2061	0,2100	0,2298	0,2489	0,1959	0,1536	-0,0112
41	-0,0163	-0,0163	0,1190	0,1190	0,1190	0,1317	0,1431	0,1501	0,1932	0,2111	0,2208	0,2323	0,2538	0,1989	0,1587	-0,0163
42	-0,0117	0,0080	0,0904	0,0904	0,0904	0,1301	0,1349	0,1452	0,1857	0,2053	0,2174	0,2341	0,2467	0,2125	0,1780	-0,0145
43	-0,0254	-0,0442	0,1371	0,1371	0,1371	0,1317	0,1489	0,1567	0,1919	0,2066	0,2255	0,2318	0,2535	0,2010	0,1649	-0,0254
44	-0,0216	-0,0216	0,1036	0,1036	0,1036	0,1376	0,1480	0,1544	0,1857	0,2030	0,2169	0,2395	0,2552	0,1911	0,1589	-0,0216
45	-0,0250	-0,0250	0,1760	0,1760	0,1760	0,1383	0,1479	0,1513	0,1863	0,2007	0,2235	0,2387	0,2613	0,1961	0,1514	-0,0276
46	-0,0279	-0,0279	0,1632	0,1632	0,1632	0,1344	0,1456	0,1566	0,2008	0,2077	0,2198	0,2380	0,2459	0,1965	0,1643	-0,0279
47	-0,0191	-0,0191	0,1937	0,1937	0,1937	0,1311	0,1465	0,1558	0,1954	0,1954	0,2175	0,2260	0,2583	0,1904	0,1724	-0,0191
48	-0,0272	-0,0363	0,2272	0,2272	0,2272	0,1400	0,1468	0,1502	0,1991	0,2008	0,2051	0,2398	0,2441	0,2017	0,1704	-0,0272
49	-0,0180	-0,0180	0,1393	0,1393	0,1393	0,1346	0,1392	0,1534	0,2045	0,2045	0,2239	0,2307	0,2453	0,2090	0,1720	-0,0180
50	-0,0175	-0,0175	0,1155	0,1155	0,1155	0,1323	0,1357	0,1459	0,1923	0,2114	0,2198	0,2365	0,2555	0,2000	0,1615	-0,0200
51	-0,0197	-0,0450	0,2068	0,2314	0,2314	0,1359	0,1497	0,1543	0,2026	0,2133	0,2257	0,2384	0,2666	0,1905	0,1518	-0,0229
52	-0,0207	-0,0355	0,1652	0,1652	0,1652	0,1359	0,1395	0,1503	0,1955	0,2032	0,2181	0,2275	0,2560	0,1936	0,1793	-0,0223
53	-0,0226	-0,0226	0,1392	0,1490	0,1490	0,1358	0,1410	0,1572	0,1926	0,1962	0,2132	0,2399	0,2526	0,2054	0,1588	-0,0226
54	-0,0285	-0,0285	0,1928	0,2307	0,2307	0,1304	0,1377	0,1522	0,1906	0,1920	0,2130	0,2317	0,2521	0,1913	0,1568	-0,0285
55	-0,0131	-0,0054	0,1528	0,1528	0,1528	0,1338	0,1426	0,1533	0,2047	0,2089	0,2234	0,2269	0,2453	0,1939	0,1661	-0,0127
56	-0,0170	-0,0056	0,0973	0,0973	0,0973	0,1338	0,1403	0,1454	0,1902	0,2133	0,2210	0,2342	0,2592	0,1976	0,1669	-0,0219
57	-0,0144	-0,0144	0,0289	0,0289	0,1013	0,1328	0,1372	0,1474	0,1928	0,2157	0,2234	0,2383	0,2519	0,2072	0,1527	-0,0247
58	-0,0164	-0,0164	0,0520	0,0520	0,0624	0,1377	0,1462	0,1543	0,1923	0,2032	0,2163	0,2388	0,2564	0,2100	0,1694	-0,0164
59	-0,0247	-0,0062	0,1698	0,1698	0,1698	0,1331	0,1421	0,1533	0,2026	0,2163	0,2235	0,2335	0,2625	0,2068	0,1582	-0,0264
60	-0,0146	-0,0146	0,0532	0,0532	0,0532	0,1334	0,1381	0,1419	0,1920	0,2004	0,2180	0,2307	0,2622	0,1904	0,1703	-0,0146
61	-0,0216	-0,0036	0,0896	0,0896	0,0896	0,1399	0,1457	0,1523	0,2052	0,2173	0,2235	0,2302	0,2444	0,2067	0,1630	-0,0216
62	-0,0236	0,0018	0,1218	0,1218	0,1218	0,1344	0,1468	0,1513	0,2051	0,2149	0,2149	0,2289	0,2429	0,1941	0,1644	-0,0155
63	-0,0166	-0,0124	0,0434	0,0434	0,0820	0,1375	0,1395	0,1452	0,1958	0,2100	0,2206	0,2276	0,2446	0,1957	0,1573	-0,0124
64	-0,0170	-0,0108	0,0809	0,0809	0,0809	0,1332	0,1452	0,1485	0,1936	0,2023	0,2183	0,2321	0,2696	0,1985	0,1592	-0,0108
65	-0,0184	-0,0242														