

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**Jessica Hoch Boelter**

**USO DO NDVI PARA PREVER QUALIDADE DE SEMENTES DE SOJA  
(*Glycine max*)**

Santa Maria, RS.  
2019

**Jessica Hoch Boelter**

**USO DO NDVI PARA PREVER QUALIDADE DE SEMENTES DE SOJA (*Glycine max*)**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do título de **Mestre em Agronomia.**

Orientador: Prof. Dr. Sandro Luis Petter Medeiros

Santa Maria, RS  
2019

Boelter, Jessica Hoch

USO DO NDVI PARA PREVER QUALIDADE DE SEMENTES DE SOJA  
(Glycine max) / Jessica Hoch Boelter.- 2019.  
39 p.; 30 cm

Orientador: Sandro Luis Petter Medeiros  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa  
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós  
Graduação em Agronomia, RS, 2019

1. Agricultura de Precisão 2. Produção de Sementes 3.  
índice de Vegetação 4. NDVI I. Medeiros, Sandro Luis  
Petter II. Título.

**Jessica Hoch Boelter**

**USO DO NDVI PARA PREVER QUALIDADE DE SEMENTES DE SOJA (*Glycine max*)**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do título de **Mestre em Agronomia.**

**Aprovado em 19 de setembro de 2019;**

---

**Sandro Luis Petter Medeiros, Dr. (UFSM)**  
(Presidente/Orientador)

---

**Nilson Matheus Mattioni, Dr. (UFSM)**

---

**Gizele Ingrid Gadotti, Dr<sup>a</sup>. (UFPEl)**

Santa Maria, RS  
2019

## DEDICATÓRIA

*Aos que sempre sonharam comigo,  
dedico esta dissertação a minha irmã  
e meus pais, fontes de inspiração e  
amor imensuráveis.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por iluminar e abençoar a minha trajetória.

Jovenil Gilberto e Renilce Boelter, vocês me ensinaram a valorizar as coisas simples e a ser grata. Agradeço a vocês meus pais, por serem força, amor e exemplo.

Jordana, minha irmã, te agradeço por me ensinar a amar, por ser luz e alegria, por tornar o nosso convívio intenso e especial. Tu és o meu exemplo de persistência, tu me ensinaste – dentre tantas coisas - a nunca desistir. Obrigada por tanto minha menina rara!

Alvaro, meu namorado, te agradeço pelo companheirismo, parceria, cuidado. Obrigada por compartilhar sonhos e momentos, por ser fonte de incentivo, por permitir participar da tua família. Gracias por tanto.

Família Boelter, os agradeço por ensinar sobre união, pelo exemplo de luta e conquistas.

À Família Hoch, pelo exemplo de alegria e vivências rurais.

Base Assessoria Agrônômica, por estabelecer oportunidade profissional e acadêmica. Aos diretores, colegas do Processamento, Técnicos de Campo, colaboradores do Laboratório de Solos e Sementes vocês foram essenciais neste trabalho.

A Universidade Federal de Santa Maria pelo acolhimento e ensinamentos acadêmicos.

A Turma Leonardo Lemos Karsburg, meus colegas Engenheiros Agrônomos que fazem parte desta trajetória, aos colegas do Tecnólogo em Geoprocessamento e do Técnico em Geoprocessamento desta Universidade, muito obrigada. Aos colegas do NUPEC e do Laboratório de Sementes da UFSM pela partilha das experiências práticas.

Ao Professor Dr. Sandro Luis Petter Medeiros, por permear orientação em distintos caminhos seguidos, pela confiança estabelecida. A amiga e colega Dr<sup>a</sup>. Katiule Moraes, fonte de inspiração, confiança e incentivo, parte essencial nas linhas desta história.

As amigas verdadeiras que incentivam, apoiam e se mantêm fortes, independentemente do tempo ou distância.

Aqueles que contribuíram para que eu chegasse até aqui, eu sou muito grata a vocês!

*“Dos tauras que saem ganhando  
É não ficar sentado esperando  
Hay que ter peito pra fazer acontecer”*

*- do amigo e colega Leonardo Lemos Karsburg  
(in memorian)*

## RESUMO

### USO DO NDVI PARA PREVER QUALIDADE DE SEMENTES DE SOJA (*Glycine max*)

AUTORA: Jessica Hoch Boelter  
ORIENTADOR: Sandro Luis Petter Medeiros

Com o aumento da área e da produtividade de soja no Rio Grande do Sul e o uso cada vez mais frequente de ferramentas de geoprocessamento na agricultura, a identificação da qualidade de sementes através de imagens multiespectrais se torna de grande valia para o processo produtivo. O objetivo do trabalho foi avaliar a relação para os distintos níveis de vegetação determinados através de imagens multiespectrais de satélite com a qualidade de sementes de soja, determinando zonas de manejo na área, a fim de melhorar a eficiência logística da colheita da lavoura. O experimento foi conduzido no município de Vila Nova do Sul, Rio Grande do Sul, nos anos-safra 2017/2018 e 2018/2019, com imagens de resolução espacial de 10 m processadas dando origem ao índice de vegetação para estudo. A amostragem dos lotes de sementes foi determinada por zonas de manejo definidas pelo índice de vegetação, submetidas a testes em laboratório. Os resultados foram interpolados, gerando zonas de manejo de distintos potenciais no talhão. Os parâmetros germinação e vigor por primeira contagem apresentaram relação positiva com o índice de vegetação avaliado em ambas as safras. O parâmetro físico umidade apresentou relação positiva de 43,62% e 47,08% da área, na primeira e segunda safra, respectivamente.

**Palavras-chave:** Agricultura de precisão. Produção de Sementes. Índice de vegetação.



## **ABSTRACT**

### **USE OF NDVI TO PREDICT SOYBEAN SEED QUALITY (*Glycine max*)**

**AUTHOR:** Jessica Hoch Boelter  
**ADVISOR:** Sandro Luis Petter Medeiros

With the increase of soybean area and productivity in Rio Grande do Sul and the increasing use of geoprocessing tools in agriculture, the identification of seed quality through multispectral images becomes of great value for the production process. The objective of this work was to evaluate the correlation for the different vegetation levels determined by multispectral satellite images with soybean seed quality, determining management zones in the area, in order to improve the logistic efficiency of crop harvest. The experiment was conducted in the municipality of Vila Nova do Sul, Rio Grande do Sul, in the 2017/2018 and 2018/2019 crop years, with 10 m spatial resolution images processed giving rise to the vegetation index for study. Seed lots sampling was determined by management zones defined by the vegetation index, submitted to laboratory tests. The results were interpolated, generating management zones of different potentials in the field. The germination and vigor by first count parameters were positively related to the vegetation index evaluated in both harvests. The physical parameter humidity presented a positive relation of 43.62% and 47.08% of the area, in the first and second crop, respectively.

**Keywords:** Precision agriculture. Management. Vegetation index.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Obtenção de imagem por sensoriamento remoto.....	16
Figura 2 - Assinaturas espectrais típicas de alvos. ....	17
Figura 3 - Curva do Fator de Refletância Direcional-Hemisférico típica de uma folha verde.	18
Figura 4 - Mapa de localização da área experimental. ....	20
Figura 5 - Mapas dos Índices de Vegetação Relativo das safras 2017/2018 (a) e 2018/2019 (b) da área experimental. ....	21
Figura 6 - Mapa de localização dos pontos amostrais na área de estudo. ....	22
Figura 7 - Mapas de germinação dos lotes de sementes de soja avaliados nas safras 2017/2018 (a) e 2018/2019 (b).....	26
Figura 8 - Mapas de primeira contagem dos lotes de sementes de soja avaliados nas safras 2017/2018 (a) e 2018/2019 (b). ....	27
Figura 9 - Mapas de viabilidade dos lotes de sementes de soja avaliados nas safras 2017/2018 (a) e 2018/2019 (b).....	28
Figura 10 - Mapas de vigor pelo teste do envelhecimento acelerado dos lotes de sementes de soja avaliados nas safras 2017/2018 (a) e 2018/2019 (b). ....	29
Figura 11 - Mapas de umidade dos lotes de sementes de soja avaliados nas safras 2017/2018 (a) e 2018/2019 (a).....	30
Figura 12 - Mapas da relação entre o NDVI e a germinação dos lotes de sementes de soja avaliados nas safras 2017/2018 (a) e 2018/2019 (b).....	31
Figura 13 - Mapas da relação entre o NDVI e o vigor primeira contagem dos lotes de sementes de soja avaliados nas safras 2017/2018 (a) e 2018/2019 (b).....	32
Figura 14 - Mapas da relação entre o NDVI e a viabilidade dos lotes de sementes de soja avaliados nas safras 2017/2018 (a) e 2018/2019 (b).....	33
Figura 15 - Mapas da relação entre o NDVI e o vigor pelo teste do Envelhecimento Acelerado dos lotes de sementes de soja nas safras 2017/2018 (a) e 2018/2019 (b). ....	34
Figura 16 - Mapas da relação entre o NDVI e a umidade dos lotes de sementes de soja avaliados nas safras 2017/2018 (a) e 2018/2019 (b).....	35

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Valores de NDVI Relativo nas safras de 2017/2018 e 2018/2019 em Vila Nova do Sul - RS.....	22
Tabela 2 – Valores dos atributos para definições das zonas de estudo, nas safras 2017/2018 e 2018/2019 em Vila Nova do Sul - RS. ....	25
Tabela 3 - Atributos de qualidade em soja, nas safras 2017/2018 e 2018/2019 em Vila Nova do Sul - RS.....	26

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	13
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	14
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	19
3.1 OBTENÇÃO DE IMAGENS E NDVI .....	20
3.2 AMOSTRAGEM .....	22
3.3 GERMINAÇÃO E VIGOR PRIMEIRA CONTAGEM .....	23
3.4 TETRAZÓLIO .....	23
3.5 ENVELHECIMENTO ACELERADO .....	23
3.6 UMIDADE .....	24
3.7 PESO DE MIL SEMENTES .....	24
3.8 INTERPOLAÇÃO DE MAPAS .....	24
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	25
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	35
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	36

## 1 INTRODUÇÃO

A produção de soja vem se destacando no cenário mundial nos últimos anos. O Brasil é um dos principais produtores mundiais do grão, e ganhos de produtividade dependem da exploração do seu máximo potencial produtivo. Neste âmbito, técnicas de manejo, cuidado com o a fertilidade e conservação do solo, preservação dos recursos naturais e qualidade de sementes asseguram um alto padrão de produção e posterior rentabilidade ao produtor.

Sementes de alta qualidade são importantes para um adequado estabelecimento e estande de plantas na lavoura. Lotes de alta qualidade, garantem o desempenho potencial, apresentando plântulas sadias e capazes de se desenvolver em condições de clima e solo heterogêneas, para tal, características essenciais no estabelecimento da lavoura de forma satisfatória.

Sementes de qualidade permitem estabelecimento homogêneo da lavoura, permitindo que estas hajam de forma positiva quando comparadas às sementes de baixo vigor e qualidade fisiológica. Neste contexto, as ferramentas geotecnológicas associadas a agricultura de precisão são de grande relevância, e, estão ganhando cada vez mais espaço. Tais ferramentas permitem avaliar a variabilidade espacial do talhão, tratando de forma específica cada necessidade das zonas diferenciadas dentro da lavoura, permitindo que a tomada de decisão seja mais segura e precisa.

Existe uma heterogeneidade da qualidade fisiológica das sementes de soja na lavoura (SCHUCH et. al., 2009). As técnicas de agricultura de precisão são aliadas na determinação da distribuição espacial da qualidade de sementes de soja através de modelos digitais de interpolação, permitindo a tomada de decisão no que se refere aos locais a serem colhidos.

Por conseguinte, a identificação da relação do potencial fisiológico das sementes e o seu desempenho no campo ainda é um desafio, sendo assim o presente trabalho visa associar a qualidade fisiológica de sementes de soja com o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) do talhão.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a relação entre os níveis de vegetação determinados através de imagens de satélite com a qualidade de sementes de soja, a fim de melhorar a eficiência da logística de colheita da lavoura.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

A soja (*Glycine max L.*) é originária da China e pertencente à família Fabaceae. Nos últimos anos a demanda aumentou significativamente, por se tratar de um produto rico em proteínas e com qualidades nutritivas bastante positiva, está sendo utilizado em grande escala na alimentação humana e animal.

A produção mundial de soja já ultrapassa os 360 milhões de toneladas, com uma área plantada de aproximadamente 125 milhões de hectares. O Brasil é o segundo maior produtor mundial com mais de 35 milhões de hectares cultivadas, alcançando uma produtividade média de 3200 kg/ha (EMBRAPA, 2019).

A produção brasileira, que já extrapolou a marca de 110 milhões de toneladas, se destaca nos estados do Mato Grosso, Paraná e Rio Grande do Sul, sendo, respectivamente, estes os maiores produtores nacionais. O Rio Grande do Sul, por sua vez, apresenta uma área plantada de 5,778 milhões de hectares e produtividade de 19,187 milhões de toneladas, ostentando uma produtividade média condizente com a realidade brasileira (CONAB, 2019).

Para manter ou elevar a produção, a tecnologia de sementes é uma grande aliada. De forma que, prevê o uso de procedimentos eficientes na cadeia produtiva das sementes. O potencial fisiológico da semente é definido sob parâmetros de germinação e vigor das sementes, sendo possível detectar lotes com o desempenho desejado para manter o estande da lavoura (PÁDUA et al., 2010). Sementes de alto vigor e qualidade fisiológica garantem o desempenho agrônomico ideal, resultando em plântulas capazes de se estabelecer em condições edafoclimáticas heterogêneas (SCHUCH et. al., 2009).

O teste de germinação em rolo de papel permite o conhecimento da porcentagem de germinação do lote, ou seja, o número de sementes que germinaram dando origem a plântulas normais no período. Plântulas normais, por sua vez, são aquelas que apresentam potencial para dar origem a plantas normais quando submetidas a condições favoráveis no campo.

Gazolla-Neto et al. (2015) e Mattioni et al. (2011) apontam para a não-uniformidade da qualidade fisiológica das sementes de soja na totalidade da lavoura, destacando a possibilidade que um diagnóstico seguro seja deferido através de mapas de interpolação. Técnicas de agricultura de precisão são aliadas na determinação da distribuição espacial da qualidade de sementes de soja, permitindo a tomada de decisão no que se refere às áreas aptas a serem colhidas.

As tecnologias aplicadas à agricultura de precisão estão consolidadas no cenário mundial. Isso se deve, principalmente, ao entendimento pelos indivíduos atuantes na

comunidade rural da variabilidade presente na lavoura, seja por conta de condições de fertilidade, relevo, solo, vegetação, dentre outros (EMBRAPA, 2004).

A agricultura de precisão é o termo que descreve a meta de aumentar a eficiência do manejo no campo, sendo uma tecnologia em desenvolvimento, que modifica técnicas existentes e incorpora novas ferramentas para o administrador utilizar (BLACKMORE et al., 2003). Segundo a Comissão Brasileira de Agricultura de Precisão (2013), a agricultura de precisão pode ser definida como o conjunto de tecnologias e ferramentas que aplicadas permitem um sistema de gerenciamento agrícola baseado na variabilidade espacial e temporal da lavoura, visando o aumento do retorno econômico e a redução do impacto ao meio ambiente.

O desenvolvimento e crescimento da agricultura de precisão só acontece graças os avanços no sistema global de navegação por satélite, já que este é imprescindível para a geração precisa dos dados. Para o uso agrícola, em sua grande maioria, é necessário o uso do GNSS (*Sistema de Navegação Global por Satélite*) para a execução de seus processos, que integra as constelações de satélite GPS (*Global Positioning System*) dos Estados Unidos, GLONASS (*Global'naya Navigatsionnaya Sputnikovaya*) da Rússia, GALILEO da União Europeia e a constelação Beidou ou Compass da China (MONICO, 2007). O GNSS surgiu da necessidade de um posicionamento em tempo real em qualquer lugar do globo terrestre, primeiramente para fins militares e após liberação à comunidade, porém com erros consideráveis.

Com o passar do tempo e o aumento intenso do interesse comercial e acadêmico nesta área houve expressiva redução nos erros de posicionamento, e hoje há o interesse imediato de amenizá-los ainda mais, através do entendimento de funcionamento do sistema GNSS baseado na medição da distância entre o satélite e o receptor. São necessários no mínimo quatro satélites visíveis ao receptor, de forma concomitante, para que ocorra simultaneamente a obtenção da posição tridimensional (X, Y e Z) e a correção do erro de sincronismo entre os relógios dos receptores GNSS e dos satélites. Assim, quanto maior for a constelação de satélites disponíveis ao receptor e maior for o tempo de exposição do mesmo ao sinal, maior será a precisão do posicionamento (CHUERUBIM et al., 2013).

A agricultura de precisão é um processo que tem início marcado a partir do uso de receptores GNSS acoplados a colhedoras que mantem comunicação com o satélite através de uma antena, permitindo o mapeamento de produtividade. O GNSS pode ser aplicado as demais etapas do processo e a distintas máquinas agrícolas, como o mapeamento de fertilidade do solo, pragas e doenças, ou até mesmo de falhas de plantio. Segundo Jakubasko (2004), quando de posse destas informações, pode-se tomar decisões não genéricas, ou seja, aquelas necessárias

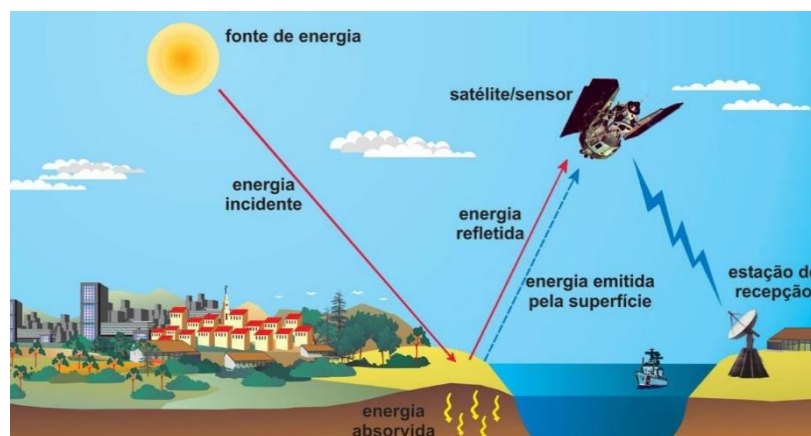
conforme a variabilidade do talhão, proporcionando uma agricultura precisa e influenciando positivamente ganhos de produtividade.

Por permitirem um monitoramento ágil, a distância e não destrutível da lavoura, o sensoriamento remoto vem ganhando espaço e importância na agricultura de precisão. As técnicas empregadas a ele permitem realizar diagnósticos como a estimativa de rendimento, avaliação nutricional das plantas, detecção de pragas e doenças e a avaliação de necessidades hídricas de plantas a partir da determinação e análise das zonas de manejo (SHIRATSUCHI et al., 2014).

Em contrapartida, a qualidade das imagens pode ser comprometida conforme o tipo de sensor utilizado, a presença de nuvens e a localização da cena de cobertura. Também, a data das imagens disponíveis ou a época do ano em que as imagens são adquiridas podem não coincidir com o período em que se faz necessário o registro (SOUZA et al., 2007).

O sol é a fonte de energia eletromagnética que incide sobre a superfície terrestre (Figura 1), sendo que parte dessa energia é absorvida pela superfície e parte é refletida na direção do satélite, quando ocorre pelo sensor a captura e o registro da energia refletida pelo alvo (FLORENZANO, 2011).

Figura 1 - Obtenção de imagem por sensoriamento remoto.



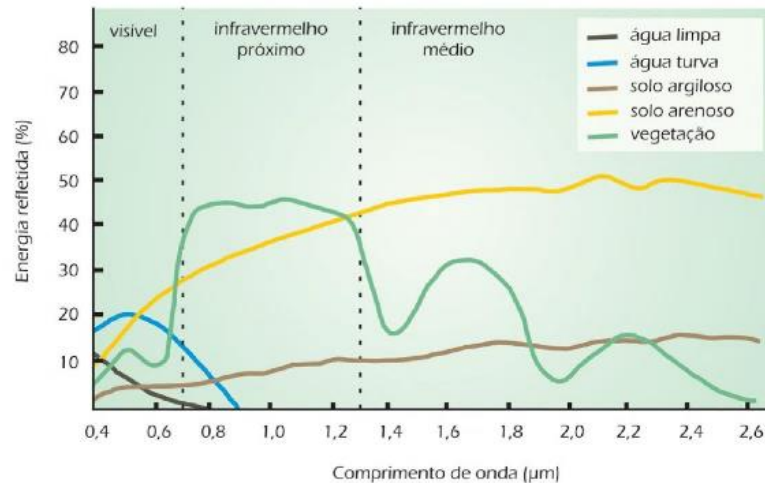
Fonte: FLORENZANO (2007, p. 11).

Fonte, alvo e sensor, são elementos básicos para formar o sistema do sensoriamento remoto, que unidos geram a REM (Refletância Eletromagnética). Como resultado deste conjunto, forma-se a imagem ou foto. A imagem por sua vez é formada por uma união de pixels, sendo este a menor unidade em níveis de cinza que capaz de transmitir informação de uma imagem.



A REM pode ser propagada no vácuo, como a luz do sol. É de suma importância esta característica, pois permite analisar qualquer tipo de imagem obtida através do sensoriamento remoto e explicar o que é observado através da reflectância dos alvos conforme a Figura 2 (MENESES E ALMEIDA, 2012).

Figura 2 - Assinaturas espectrais típicas de alvos.



Fonte: FLORENZANO (2007, p. 14).

Os sensores são equipamentos capazes de registrar a energia emitida ou refletida da superfície terrestre, eles podem estar embarcados em plataformas terrestres, aéreas ou orbitais. Os sensores multiespectrais, como os embarcados nos satélites em órbita, são capazes de registrar comprimentos de onda que não são visíveis ao olho humano.

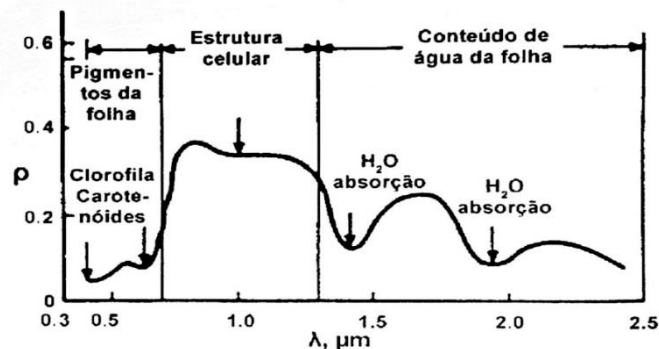
A capacidade de captação de um sensor é definida pela sua resolução, podendo ser ela espectral, espacial, radiométrica ou temporal. A radiação temporal é definida como intervalo de tempo que é necessário para a obtenção da imagem em um local (SHIRATSUCHI, 2014). A resolução espacial é aquela que define qual o menor alvo que o sensor é capaz de identificar, a resolução espectral é a medida da largura das faixas espectrais que o sistema do sensor distingue entre os diferentes níveis de intensidade do sinal, sendo a resolução radiométrica aquela que define a capacidade de o sensor distinguir a energia do alvo em diferentes faixas do espectro eletromagnético (NOVO, 2010).

Diferentes alvos na superfície terrestre emitem distintos níveis de reflectância, que por sua vez resultam em respostas espectrais únicas. O sensoriamento remoto parte do princípio que cada alvo apresenta respostas distintas ao sensor (Figura 2), pois são possuidores de energias eletromagnéticas diferentes (MOLIN et al., 2015).

De todos os comprimentos de onda do espectro eletromagnético a região do visível e do infravermelho próximo são as mais utilizadas no meio agrícola. A água possui maior refletância na região do visível do espectro, onde pode variar conforme a concentração de solutos presentes, a água limpa absorve maior quantidade de energia e a água suja, por sua vez, menor quantidade. (FLORENZANO, 2007).

Na faixa do visível, a vegetação que não está sob condição de estresse reflete mais na cor verde, que por sua vez é visível ao olho humano que a define a cor representativa do alvo (FLORENZANO, 2007). O infravermelho próximo é a faixa onde a vegetação reflete maior quantidade de energia, permitindo avaliação da presença de água na folha (Figura 3).

Figura 3 - Curva do Fator de Refletância Direcional-Hemisférico típica de uma folha verde.



Fonte: Adaptação de Ponzoni e Shimabukuro (2007, p. 18).

A fotossíntese é o processo pelo qual as plantas verdes produzem carboidratos, a partir da água absorvida pelas raízes, e do gás carbônico absorvido da atmosfera, mediado pela radiação fotossinteticamente ativa denominada luz visível (MOREIRA, 2005). Assim, qualidade da folha e a arquitetura do dossel são fatores que influenciam na avaliação da refletância, determinando o comportamento espectral da mesma (MALUF, 2001).

O processamento de imagens é constituído do tratamento e manipulação das imagens de interesse, através da transformação da informação da imagem do terreno real em informações radiométricas que possam ser analisadas (MASCARENHAS e VELASCO, 1984). Estas informações permitem distintas avaliações, como por exemplo classificação de uso das áreas e construção de índices de vegetação.

Desta forma, diversos índices de vegetação têm sido propostos com o intuito de explorar as propriedades e informações espectrais da vegetação, podendo ser consideradas várias bandas do espectro eletromagnético, mas em sua maioria exploram as regiões do visível e do

infravermelho próximo (PONZONI e SHIMABUKURO, 2007). Os índices, muitas vezes, estão relacionados a parâmetros biofísicos, biomassa, índice de área foliar, entre outros.

O principal objetivo dos índices de vegetação é condensar as informações espectrais e discriminar o que é vegetação e o que não é, bem como avaliar as condições de crescimento das culturas e adversidades como ataque de pragas, doenças e eventos meteorológicas como seca e geadas (LIU, 2007). Podem ser encontrados inúmeros índices na literatura, porém, para Moreira (2005), o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada ou *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) desenvolvido por Rouse et al. (1973) é um dos mais utilizados, baseado na resposta da clorofila das plantas na região espectral do vermelho e do infravermelho próximo (Pereira, 2019).

Segundo Machado (2018), o NDVI apresenta benefícios sobre outros índices, este é considerado o mais proporcional à biomassa da vegetação, além de ser o índice que apresenta menor interferência das condições atmosféricas. O NDVI possibilita comparações espaciais e temporais de atividades ligadas à fotossíntese terrestre, já que este apresenta sensibilidade alta à densidade da cobertura vegetal, (FERREIRA et al., 2008).

Zonas de manejo são sub-áreas de igual potencial produtivo, eficiência do uso de insumos e risco de impacto ambiental, sendo que zonas homogêneas permitem identificar locais em que deveriam ocorrer amostragens (LUCHIARI JUNIOR et al., 2000). A identificação de zonas de manejo considerando dados do sensoriamento remoto, produtividade ou de atributos do solo, é a estratégia viável que mais apresenta destaque para a expansão da agricultura de precisão no âmbito comercial do cenário brasileiro (MOLIN et al., 2015). A identificação de zonas de manejo é uma ferramenta de destaque, por caracterizar a variabilidade espacial da lavoura (VEIVERBERG, 2016).

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

As atividades experimentais foram conduzidas em área localizada no município de Vila Nova do Sul, estado do Rio Grande do Sul. O talhão de estudo pertence a Fazenda Mata Grande, possui área de 41,9 hectares (Figura 4), com coordenadas de localização de latitude -30°18'53,88" e longitude -53°47'42,37", Datum WGS 84 e aproximados 173 metros de elevação, segundo Koppen (1931), o clima do município de Vila Nova do Sul é classificado como Cfa.

As cultivares avaliadas apresentam hábito de crescimento indeterminado, semeadas em 20 de novembro de 2018 e 21 de novembro de 2019, nos anos-safra 2017/2018 e 2018/2019,

respectivamente. A colheita das amostras foi realizada de forma manual, trilhada em equipamento mecânico e armazenada em sala com temperatura e umidade controlada.

Figura 4 - Mapa de localização da área experimental.



Fonte: Autora.

### 3.1 OBTENÇÃO DE IMAGENS E NDVI

Após a implantação da cultura, foram obtidas as imagens de satélite para avaliar as informações espectrais da lavoura. Para isso, foram obtidas imagens em 07 de março de 2018 e 07 de março de 2019 nos anos safra de 2017/2018 e 2018/2019, respectivamente, sendo que em ambas as safras as plantas estavam em V5, seguindo a indicação de Veiverberg (2016).

As imagens foram provenientes do satélite Sentinel 2, utilizando as bandas do azul, verde, vermelho e infravermelho das imagens T134211 em 2018 e T134209 em 2019. Com resolução espectral de 10 m, atendendo a demanda para avaliação posterior das zonas de manejo da área, as imagens foram processadas no *software* Qgis 2.18, utilizando as bandas do infravermelho próximo e vermelho para o cálculo do NDVI sugerido por Rouse et al. (1973) através da Equação 1.

$$NDVI = \frac{(IVP-V)}{(IVP+V)} \quad (01)$$

Onde:

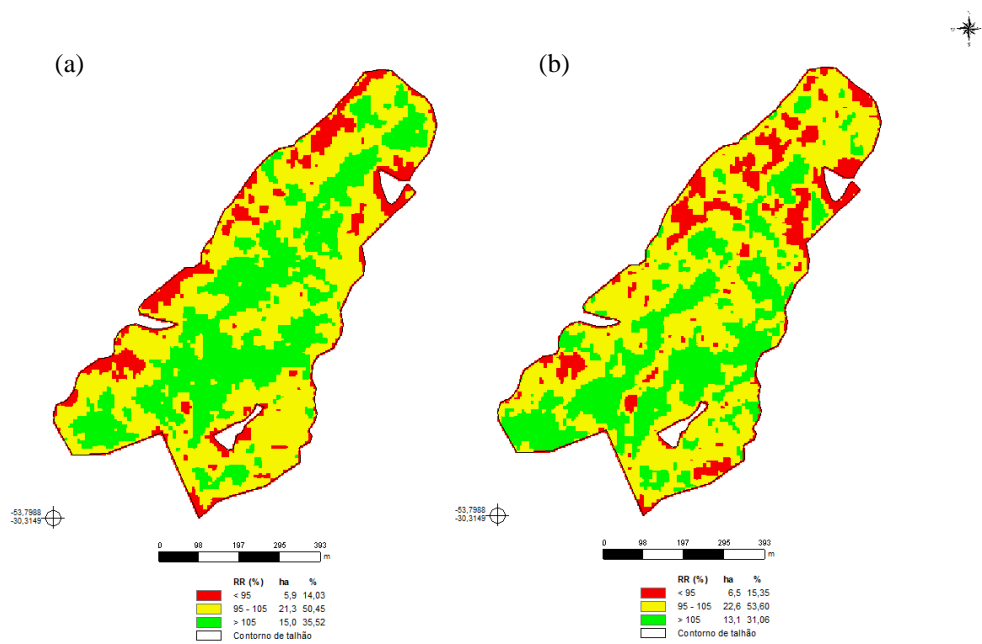
IVP = comprimento de onda do infravermelho próximo

V = comprimento de onda do vermelho

O valor de NDVI varia de -1 a 1, onde os valores negativos representam as nuvens e quando próximos de zero representam a exposição de solo nu ou a ausência de vegetação. Os valores de NDVI alto, ou seja, valores próximos a 1, compreendem a vegetação densa e em pleno vigor vegetativo (LIU, 2007). Neste contexto foram definidas zonas de manejo conforme as variações da área analisada, permitindo a definição para a amostragem de sementes e a interpolação das mesmas com os resultados das análises qualitativas das sementes.

Para definir as zonas de manejo a partir do NDVI, foi assumido que o valor médio do mesmo seria considerado 100% e referência para os demais valores são uma referência a este, classificando os níveis acima ou abaixo deste. Assim, foram definidas três zonas de manejo normalizadas pela média (MOLIN et al., 2015), delimitadas pelos valores menores que 95%, valores entre 95 e 105% e valores maiores que 105% (Figura 5).

Figura 5 - Mapas dos Índices de Vegetação Relativo das safras 2017/2018 (a) e 2018/2019 (b) da área experimental.



Fonte: Autora.

Tabela 1 - Valores de NDVI Relativo nas safras de 2017/2018 e 2018/2019 em Vila Nova do Sul - RS.

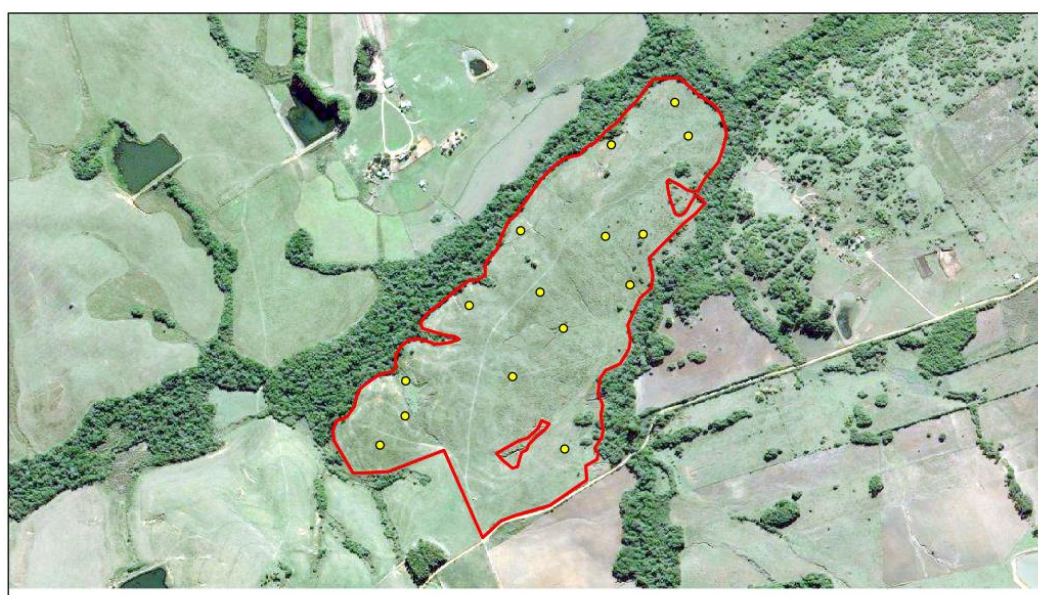
Atributo	Safrá 2017/2018			Safrá 2018/2019		
	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média
NDVI (%)	7,33	110,17	100	8,14	114,40	100

NDVI – Índice de Vegetação por Diferença Normalizada

### 3.2 AMOSTRAGEM

As amostras de sementes foram coletadas nas datas de 12 de abril de 2018 e 12 de abril de 2019, nos anos-safra avaliados. Foram colhidas manualmente cinco amostras por zona de manejo, totalizando 15 amostras, em três metros lineares nos pontos predefinidos e georreferenciados com o auxílio de um computador de campo associado ao do *software* HGIS Star Pal (Figura 6).

Figura 6 - Mapa de localização dos pontos amostrais na área de estudo.



Área mapeada - 41,5 ha

Fonte: Autora.

As amostras coletadas foram submetidas a testes em Laboratório de Sementes credenciado, pertencente a empresa Base Precisão na Agricultura, situado em Silveira Martins, estado do Rio Grande do Sul, e seguindo as normas descritas na Regras para Análise de Sementes (RAS) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2009).

### 3.3 ANÁLISE DE GERMINAÇÃO E VIGOR PELO MÉTODO DA PRIMEIRA CONTAGEM

Para determinação da qualidade das sementes foi realizado o teste de germinação, com 400 sementes, sendo oito repetições de 50 sementes para cada amostra, alocadas para germinar em papel substrato de germinação, umedecido previamente com água. Os rolos foram postos em câmara de germinação a temperatura de 25 °C constante por oito dias, sendo aos cinco dias a primeira contagem para determinação de vigor e aos oito dias a segunda contagem (BRASIL, 2009).

### 3.4 TESTE DE TETRAZÓLIO

Foi avaliado através do teste de tetrazólio a viabilidade do lote de sementes, visto que se trata de um método bioquímico de avaliação de sementes. Além disto, tal método indica na cultura da soja os danos causados, por percevejos, deterioração por umidade ou dano mecânico. Para a realização do teste, 200 sementes foram pré-embebidas por 16 horas a 25 °C, e posteriormente submetidas a solução de 0,075% de sal de tetrazólio por três horas a uma temperatura de 40 °C (BRASIL, 2009).

Para avaliação do teste de tetrazólio, as sementes foram avaliadas individualmente, sendo retirado o tegumento e após feito um corte para expor o eixo embrionário. Estas, foram avaliadas e divididas em 8 classes definidas em Mais Alto Vigor, Alto Vigor, Vigor Médio, Vigor Baixo, Vigor Muito Baixo, Não Viável e Sementes Mortas (FRANÇA NETO et al. 1998).

### 3.5 ENVELHECIMENTO ACELERADO

Para o teste do envelhecimento foram utilizadas 400 sementes, alocadas sobre telas em caixas gerbox que continham 40 ml de água, sendo fechados e mantidos na estufa por 48 horas a uma temperatura de 41 °C. Após este período, as sementes foram semeadas em papel germitest, umedecido 2,5 vezes o peso do papel com água, sendo contadas as plântulas normais, anormais, sementes duras e mortas cinco dias após a semeadura (BRASIL, 2009).

### 3.6 UMIDADE

A umidade dos lotes foi avaliada através do método da estufa a 105 °C descrito na RAS (BRASIL, 2009), o qual prevê o grau de umidade das sementes de soja através da pesagem dos recipientes previamente secos em estufa a 105 °C por 30 minutos, são adicionadas as amostras aos mesmos e pesado novamente. Estas voltam a estufa com a mesma temperatura por 24 horas, sendo novamente pesadas, para que a umidade seja estimada através da Equação 2.

$$\% \text{ Umidade} = (100 (P - p)) / (P-t) \quad (2)$$

Onde:

P = peso do recipiente e sua tampa mais o peso da semente úmida

p = peso do recipiente e sua tampa mais o peso da semente seca

t = peso do recipiente mais sua tampa

### 3.7 MASSA DE MIL SEMENTES

O método de Massa de Mil Sementes, afim de avaliar o número de sementes em relação a massa, consiste em pesar oito repetições de 100 sementes, de posse do valor do peso e da quantidade de sementes, se aplica a Equação 3.

$$\text{PMS} = (\text{peso da amostra} \times 1000) / (\text{n}^\circ \text{ total de sementes}) \quad (3)$$

### 3.8 INTERPOLAÇÃO DE MAPAS

De posse destes resultados foram elaborados mapas, tais modelos digitais são capazes de expressar visualmente a variabilidade da lavoura. Para tanto, os dados foram processados em *software* SIG (Sistema de Informação Geográfica) sendo o SGIS ArcMap 3.13 da empresa Topcon, considerando o método geoestatístico de interpolação dos dados krigagem.

A fim de validar os resultados encontrados a partir do cruzamento do mapa contendo as informações de NDVI e do mapa com resultados da análise de sementes (Tabela 2), serão definidas, zonas de manejo:

- Zona 1 – NDVI baixo e atributo não ideal
- Zona 2 – NDVI médio e atributo não ideal
- Zona 3 – NDVI médio e atributo ideal
- Zona 4 – NDVI alto e atributo ideal



Tabela 2 – Valores dos atributos para definições das zonas de estudo, nas safras 2017/2018 e 2018/2019 em Vila Nova do Sul - RS.

Atributos	Valores
NDVI baixo (%)	Menor ou igual a 95
NDVI médio (%)	Maior que 95 e menor ou igual a 105
NDVI alto (%)	Maior que 105
G ideal (%)	Maior que 80
V ideal (%)	Maior que 95
TZ ideal (%)	Maior que 95
EA ideal (%)	Maior que 90
U ideal (%)	De 13 a 15

NDVI - Índice de Vegetação por Diferença Normalizada; G – germinação; V – vigor por primeira contagem; TZ – viabilidade de sementes de soja pelo Teste do Tetrazólio; EA – vigor pelo Teste do Envelhecimento Acelerado; U – umidade.

Foram confeccionados mapas contendo a identificação visual das zonas de manejo, diferenciando-as em sub-áreas de alta ou baixa, estabelecidas nos mapas de NDVI, germinação, vigor, envelhecimento acelerado, teste de tetrazólio, umidade e peso de mil sementes, baseados nos resultados das análises de sementes.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das avaliações de qualidade das sementes de soja apresentam que, na safra 2017/2018, observa-se que 95,54% da área encontra-se na faixa de 95 a 100% de germinação (Figura 7a). Na safra 2018/2019, somente 69,85% encontra-se na faixa 95 a 100% do mesmo atributo (Figura 7b). O decréscimo entre as safras pode ser atribuído as condições estabelecidas durante o estabelecimento da cultura no campo, desde a semeadura até a colheita. Além da dependência temporal, a variabilidade encontrada é confirmada por Mondo et al. (2012), os quais observaram a dependência espacial (Figura 7) da qualidade fisiológica de sementes, destacando a germinação.

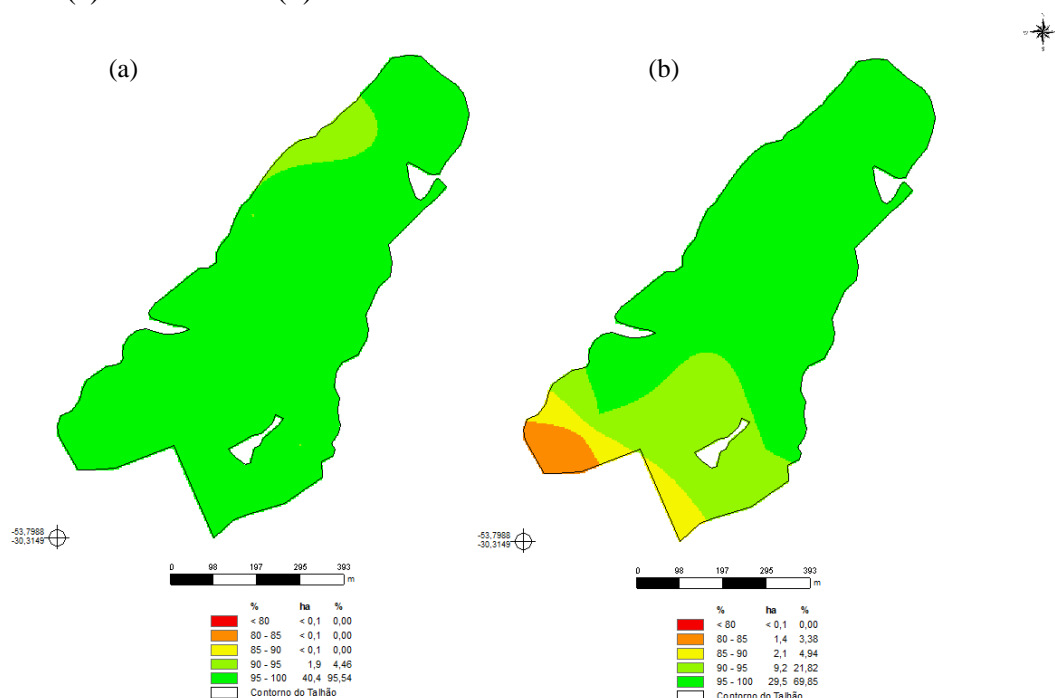
Os valores mínimos de germinação foram de 93% e 81%, nas safras 2017/2018 e 2018/2019 respectivamente (Tabela 3). Em ambas as safras, a germinação de sementes foi superior ao valor de referência de 80% garantindo que as amostras das distintas zonas de manejo estão acima do padrão estabelecido, estando aptas a comercialização conforme a Instrução Normativa 45/2013 (BRASIL, 2013).

Tabela 3 - Atributos de qualidade em soja, nas safras 2017/2018 e 2018/2019 em Vila Nova do Sul - RS.

Atributos	----- Safra 2017/2018 -----			----- Safra 2018/2019 -----		
	Mínimo	Máximo	Média	Mínimo	Máximo	Média
G (%)	93	99	96	81	99	95
V (%)	84	98	91	80	98	94
TZ (%)	65	99	84	92	99	96
EA (%)	79	98	92	37	88	67
U (%)	11,4	14,2	12,4	9,2	14,8	11,9

G – germinação; V – vigor por primeira contagem; TZ – viabilidade de sementes de soja pelo Teste do Tetrazólio; EA – vigor pelo Teste do Envelhecimento Acelerado; PMS – peso de mil sementes; U – umidade.

Figura 7 - Mapas de germinação dos lotes de sementes de soja avaliados nas safras 2017/2018 (a) e 2018/2019 (b).

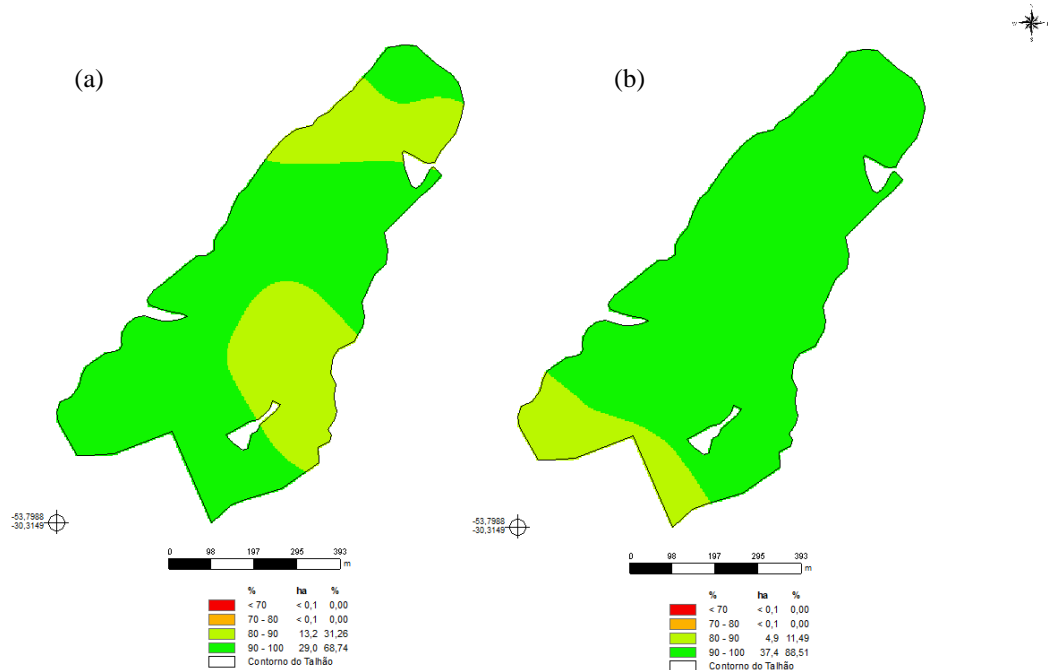


Fonte: Autora.

Para a variável vigor, avaliando a primeira contagem da germinação, obtivemos valores médios de 91% na safra 2017/2018 e 94% na safra seguinte, atingindo o valor máximo de aproximadamente 98% em ambas as safras (Tabela 3). Considerando a variabilidade espacial na safra, Mattioni (2013) encontrou valores médios inferiores quando comparados aos do presente estudo, e maior porcentagem da área total entre 80 e 90% na avaliação espacial da

primeira contagem de germinação nos campos estudados, sendo a faixa 95 a 100% predominou em ambas as safras estudadas, na safra 2017/2018 68,74% da área situa-se nesta (Figura 8a), na safra seguinte 88,51% da área (Figura 8b).

Figura 8 - Mapas de primeira contagem dos lotes de sementes de soja avaliados nas safras 2017/2018 (a) e 2018/2019 (b).

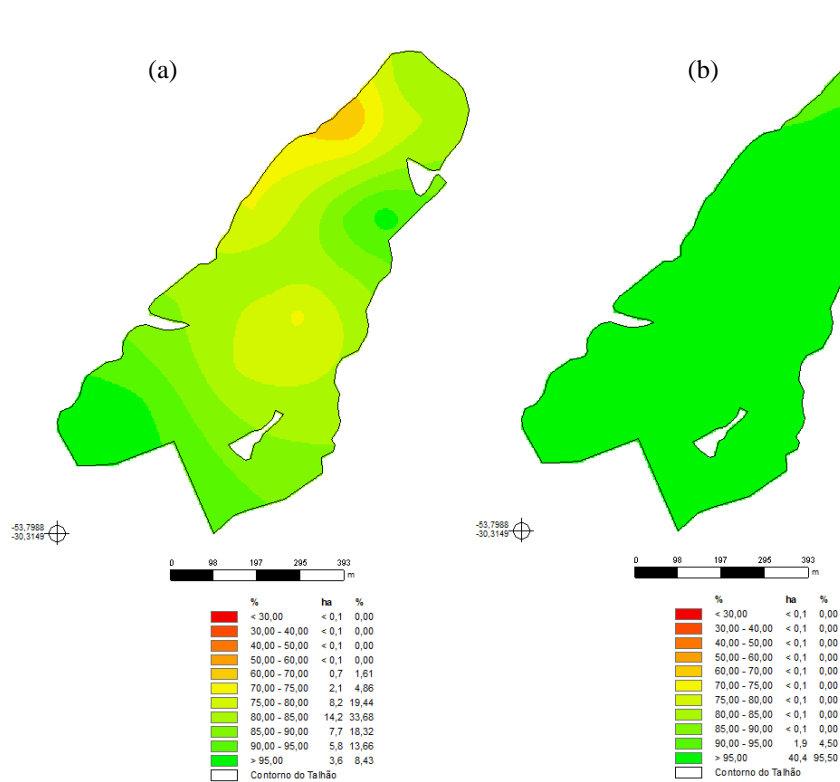


Fonte: Autora.

Os resultados de viabilidade, através do teste do tetrazólio, foram de 84% e 96%, nas safras 2017/2018 e 2018/2019, respectivamente (Tabela 3). Este valor indica a viabilidade das sementes de soja baseados na atividade enzimática das mesmas, indicando a reação da qualidade do tecido vivo da semente com o sal de tetrazólio.

Na primeira safra, observa-se que apenas 8,43% da área encontra-se na faixa 95 a 100% (Figura 9a). Na safra seguinte, 95,00% da área está na faixa de 95 a 100% (Figura 9b). O ataque de pragas a semente ou danos no momento da colheita, bem como a ocorrência de ciclos alternados de secagem e hidratação das sementes durante o ciclo de maturação podem ser os responsáveis pela variabilidade dos resultados no teste de tetrazólio, como observado por Wendt et al. (2014).

Figura 9 - Mapas de viabilidade dos lotes de sementes de soja avaliados nas safras 2017/2018 (a) e 2018/2019 (b).

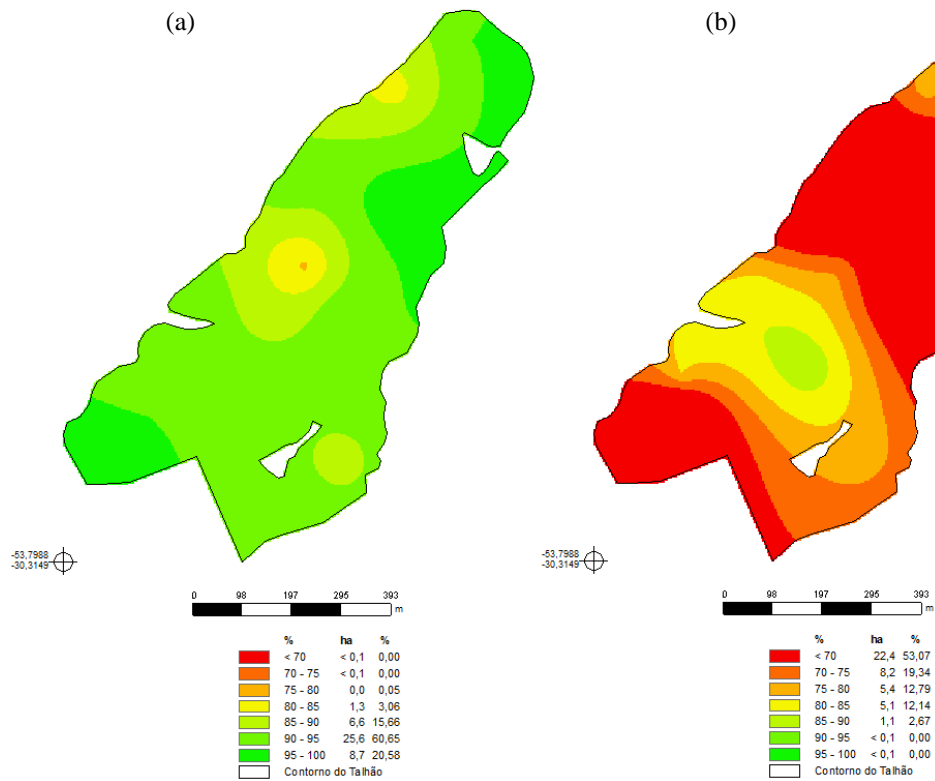


Fonte: Autora.

O teste do envelhecimento acelerado indica a resistência das sementes quando submetidas a fontes de estresse, assim estimando o vigor das mesmas (MARCOS FILHO, 2005). Neste teste, as sementes são expostas a altas temperaturas e umidades, indicando que as sementes que se deterioram com mais rapidez são menos vigorosas que aquelas que são mais lentas (OHLSON et al., 2010 apud AOSA, 1983).

Conforme Tabela 3, o teste do envelhecimento acelerado, ressalta que no primeiro ano de estudo o vigor teve média de 92%, com 60,65% da área entre 90 e 95% (Figura 10a). No segundo ano de produção a média reduziu a para 67% (Tabela 3), com 53,07% da área total situada na faixa menor que 70% (Figura 10b). Este teste avalia a capacidade da semente a reagir em condições de estresse, sendo que os lotes de sementes da segunda safra apresentaram menor resistência a fatores adversos e a sua capacidade de armazenamento, os quais antecedem a perda da viabilidade das sementes (DELOUCHE, 1969).

Figura 10 - Mapas de vigor pelo teste do envelhecimento acelerado dos lotes de sementes de soja avaliados nas safras 2017/2018 (a) e 2018/2019 (b).

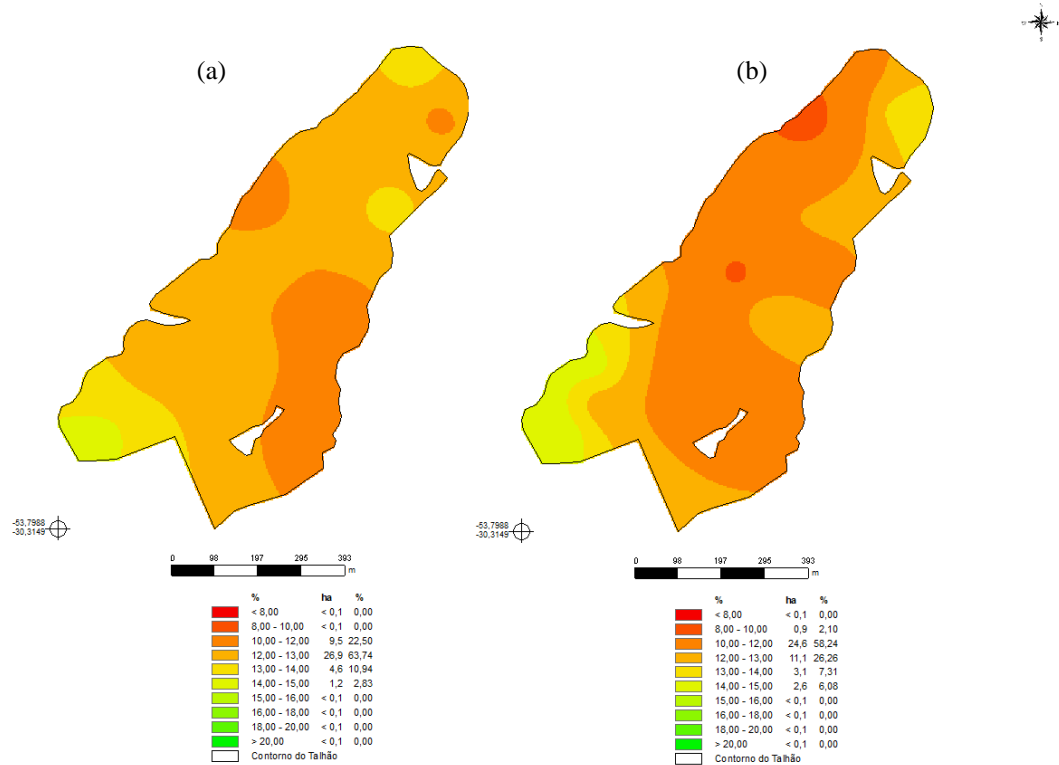


Fonte: Autora.

Segundo Souza (2018), quando avaliamos a qualidade fisiológica das sementes de soja, a umidade ideal para colheita é de 13 a 15%. A safra 2017/2018, apresentou 13,77 % da área na faixa indicada (Figura 11a), na segunda safra houve um aumento para 13,39% da área total (Figura 11b).

Sementes colhidas com grau de umidade superior a 15% estão suscetíveis a danos mecânicos não perceptíveis (COSTA, 1979). A umidade máxima apresentada foi de 14,2% e 14,8%, nas safras 2017/2018 e 2018/2019, respectivamente (Tabela 3).

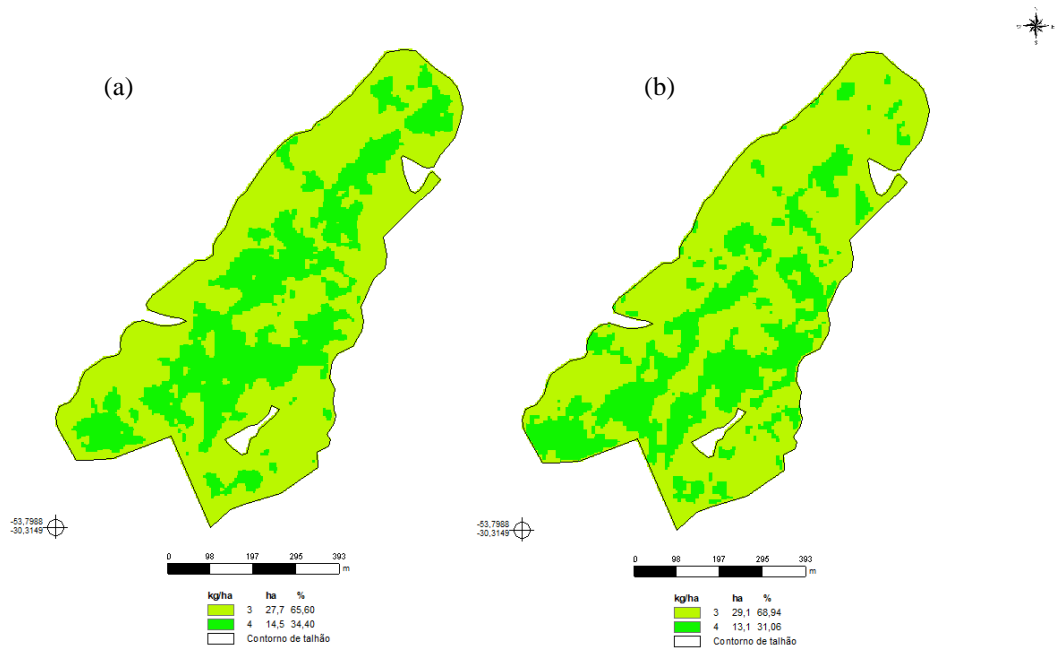
Figura 11 - Mapas de umidade dos lotes de sementes de soja avaliados nas safras 2017/2018 (a) e 2018/2019 (a).



Fonte: Autora.

A interpolação entre o NDVI e a Germinação, observa-se que para a safra 2017/2018 a zona 3 foi predominante, totalizando 65,60% da área, sendo que 100% da área está nas zonas 3 e 4, indicando que as zonas de alto e médio NDVI são também zonas de alta porcentagem de germinação (Figura 12a). Esta relação é comprovada na safra 2018/2019, onde as zonas 3 e 4 compõem 100% da área (Figura 12b).

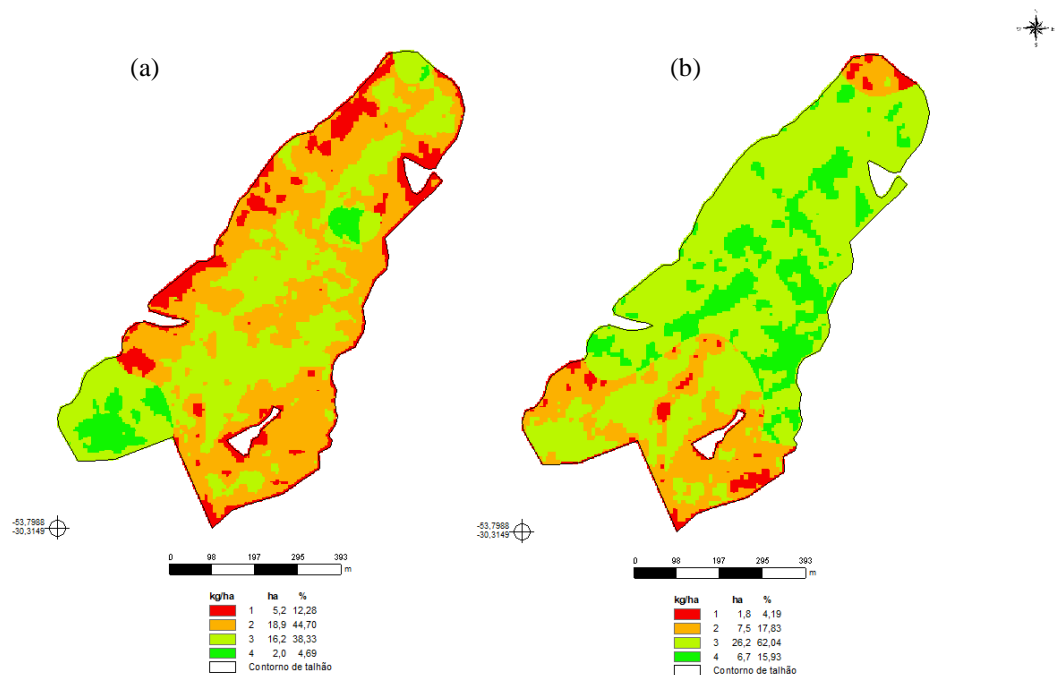
Figura 12 - Mapas da relação entre o NDVI e a germinação dos lotes de sementes de soja avaliados nas safras 2017/2018 (a) e 2018/2019 (b).



Fonte: Autora.

Para valores resultantes da relação entre o vigor primeira contagem e o NDVI, as zonas 1 e 2, que somadas representam 56,98% na safra 2017/2018, representam que áreas de baixo vigor são também áreas de baixo e médio NDVI (Figura 13a). Na safra 2018/2019 houve relação positiva nas áreas em que o NDVI foi médio e alto o vigor foi ideal, representando 77,97% da área (Figura 13b). Assim, constata-se que as áreas de baixo vigor são também áreas de menores valores de NDVI relativo, bem como as áreas de valores positivos se correlacionam.

Figura 13 - Mapas da relação entre o NDVI e o vigor primeira contagem dos lotes de sementes de soja avaliados nas safras 2017/2018 (a) e 2018/2019 (b).

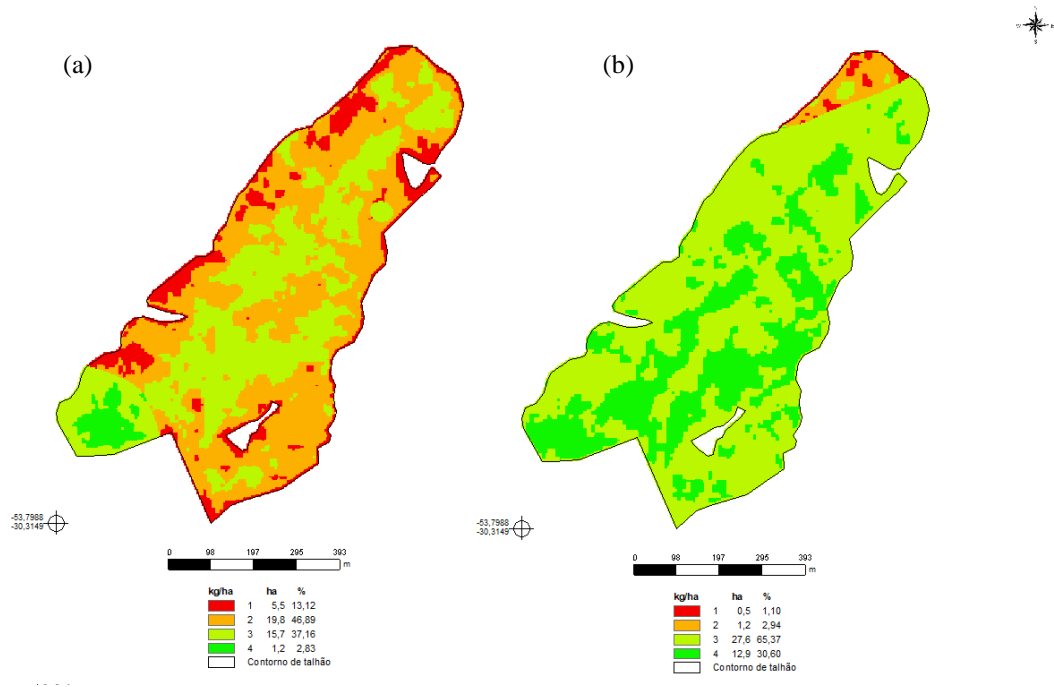


Fonte: Autora.

A viabilidade indicada pelo teste do tetrazólio correlacionada ao índice de vegetação da área apresenta a zona 2 mais significativa na primeira safra, representando 46,89% da área, indicando que a zona com viabilidade baixa coincide com a zona média do NDVI (Figura 14a). Para a safra 2018/2019 a zona 3 foi mais representativa com 65,37% da área, onde a zona média de NDVI relaciona com alta viabilidade, não indicando relações concreta entre os parâmetros (Figura 14b).



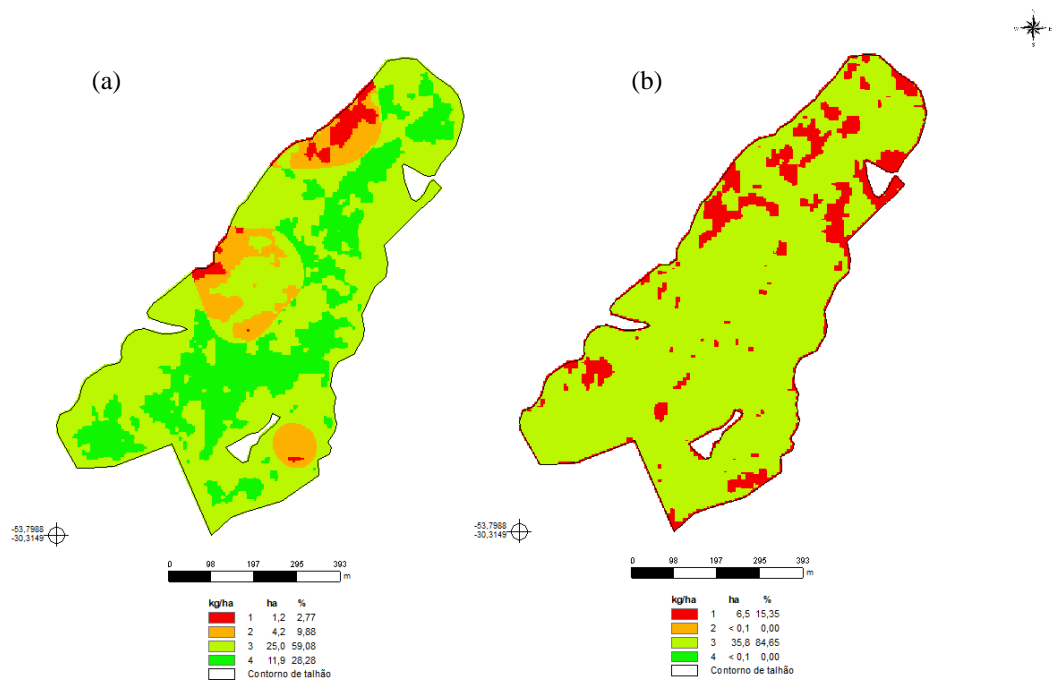
Figura 14 - Mapas da relação entre o NDVI e a viabilidade dos lotes de sementes de soja avaliados nas safras 2017/2018 (a) e 2018/2019 (b).



Fonte: Autora.

Para a safra 2017/2018, 87,36% da área apresentou relação para o vigor definido pelo envelhecimento acelerado acima de 90% e zonas médias e altas do NDVI, indicado pelas zonas 3 e 4 (Figura 15a). Para a segunda safra, o teste de envelhecimento acelerado não indica nenhum valor acima do parâmetro de 90% de vigor (Tabela 3), não havendo classes classificadas nas zonas 3 e 4 (Figura 15b). Sendo assim, não houve relação positiva entre o NDVI e os resultados de vigor apresentados pelo teste.

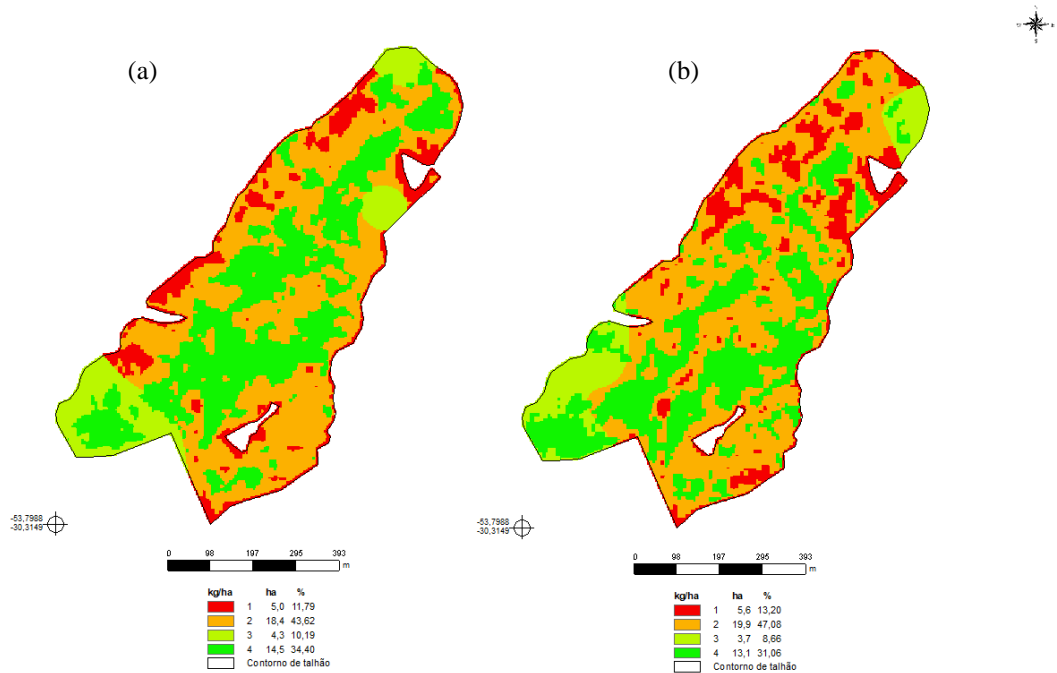
Figura 15 - Mapas da relação entre o NDVI e o vigor pelo teste do Envelhecimento Acelerado dos lotes de sementes de soja avaliados nas safras 2017/2018 (a) e 2018/2019 (b).



Fonte: Autora.

Para o parâmetro físico umidade, a relação sua relação com o índice de vegetação é positiva. Na safra 2017/2018 e 2018/2019, 43,62% e 47,08% da área, respectivamente, apresentam médios valores de NDVI e umidade inferior ao indicado como ideal para colheita (Figura 16a e b).

Figura 16 - Mapas da relação entre o NDVI e a umidade dos lotes de sementes de soja avaliados nas safras 2017/2018 (a) e 2018/2019 (b).



Fonte: Autora.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O índice de vegetação é uma ferramenta que pode ser utilizada para identificar partes do talhão com valores similares dos parâmetros germinação, teor de umidade e vigor primeira contagem. E, desta forma, auxiliar na logística de colheita do talhão a fim de obter lotes de sementes com qualidade fisiológica equivalente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BLACKMORE, S. **The role of yield maps in Precision Farming**. 2003. 171 p. Tese (Doutorado em Filosofia) - Cranfield University at Silsoe, Reino Unido. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.460.682&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em 30 set. 2018.

BRASIL. **Instrução Normativa nº 45 de 17 de setembro de 2013**. Padrões de identidade e qualidade para a produção e a comercialização de sementes de algodão, amendoim, arroz, arroz preto, arroz vermelho, aveia branca e amarela, canola, centeio, cevada, ervilha, feijão, feijão caupi, gergelim, girassol variedades, girassol cultivares híbridas, juta, linho, mamona variedades, mamona cultivares híbridas, milho variedades, milho cultivares híbridas, painço, soja, sorgo variedades, sorgo cultivares híbridas, tabaco, trigo, trigo duro, triticale e de espécies de grandes culturas inscritas no Registro Nacional de Cultivares - RNC e não contempladas com padrão específico. Diário Oficial da União. Brasília, DF, 20 de setembro de 2013. Disponível em: Acesso em: 22 de junho de 2019.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Legislação brasileira sobre sementes e mudas**: Lei 10.711, de 05 de agosto de 2003, Decreto nº 5.153, de 23 de julho de 2004 e outros/Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Coordenação de Sementes e Mudas. Brasília: MAPA/DAS/CSM, 2007.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNAD/DNPV/CLAV, 2009. 399 p.

CHUERUBIM, M. L.; GOMES, P. G.; PIRES, A. C. G.; SILVA, L. A.; MATOS, S. C. **Diagnóstico preliminar da Rede GNSS local da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), campus Santa Mônica: realidade atual e perspectivas futuras no contexto das ciências geodésicas**. In: XVI SBSR – Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. 13 a 18 de abril de 2013. Foz do Iguaçu-PR.

COLGATON, R. G. **A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data**. Remote Sensing of Environment, v. 49, n. 12, p. 1671-1678, 1991.

COMISSÃO BRASILEIRA DE AGRICULTURA DE PRECISÃO – Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Boletim Técnico. **Agricultura Precisão**. DF, 2013. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/tecnologia-agropecuaria/agricultura-de-precisao-1/arquivos-de-agricultura-de-precisao/boletim-tecnico-agricultura-de-precisao-2013.pdf>>. Acesso em: 26 ago. 2017.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. Observatório Agrícola. **Acompanhamento da Safra Brasileira: Grãos**. Safra 2018/19. v. 6, n. 10 – Décimo levantamento: Julho/2019. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/gaos/boletim-da-safra-de-graos>>. Acesso em 29 jul. 2019.

COSTA, N. P.; MESQUITA, C. M.; HENNING, A. A. Avaliação das perdas e qualidade de semente na colheita mecânica da soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 1, n. 3, p. 59-70, 1979.

DELOUCHE, J. C. Planting seed quality. State College, Mississippi, **Agricultural Experiment Station**. Mississippi State University, 1969 (Journal Paper, 1721).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Embrapa Cerrados. **Conceito e Considerações Práticas do Sistema de Geração de Mapas de Produtividade na Cultura de Grãos**. DF. 2004. 25 p. Disponível em: <[http://bbeletronica.cpac.embrapa.br/2004/doc/doc\\_126.pdf](http://bbeletronica.cpac.embrapa.br/2004/doc/doc_126.pdf)>. Acesso em: 23 set. 2017.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Embrapa Soja. **Árvore do conhecimento - Soja**. Londrina – PR, 2017. Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/agroenergia/arvore/CONT000fbl23vmz02wx5eo0sawqe3vtdl7vi.html>>. Acesso em: 20 ago. 2017.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Embrapa Soja. **Soja em números (safra 2018/19)**. Londrina – PR, 2017. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>>. Acesso em: 29 jul. 2019.

FERREIRA, L. G.; FERREIRA, N. C.; FERREIRA, E. P. Sensoriamento Remoto da Vegetação: Evolução e estado-da-arte. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, Maringá, v. 30, n. 4, p. 379-390, 2008.

FRANÇA NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; COSTA, N. P. **O teste de tetrazólio em sementes de soja**. Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1998.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em Sensoriamento Remoto**. 2 ed. São Paulo: Ed. Oficina de Texto. 2007. 101 p.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em Sensoriamento Remoto**. 3 ed. São Paulo: Ed. Oficina de Texto. 2011. 128 p.

GAZZOLA-NETO, A.; FERNANDES, M. C.; GOMES, A. D.; GADOTTI, G. I.; VILLELA, F. A. Distribuição Espacial da Qualidade de Sementes Fisiológica de Sementes de Soja em Campo de Produção. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 3, p. 119-127, 2015.

JAKUBASZKO, R. Agricultura de Precisão: como plantar e colher sem perda nem erro. **DBO Agrotecnologia**. p. 26–33. Disponível em: <<http://www.portaldbo.com.br/index.php?pagina=agrotecnologia&pagina=index.php>>. Acesso em: 05 ago. 2017.

KÖPPEN, W. **Climatologia**. México, Fundo de Cultura Econômica. 1931.

LIU, W. T. H. **Aplicações de Sensoriamento Remoto**. Campo Grande: Uniderp, 2007. p. 881

LUCHIARI JUNIOR, A.; SHANAHAN, J.; FRANCIS, D.; SCHLEMMER, M.; SCHPERS, J.; LIEBIG, M.; SCHEPERS, A.; PAYTON, S. **Strategies for establishing management zones for site speci e nutrient management**. University of Minnesota. In: International Conference On Precision Agriculture, v. 5, 2000.

MACHADO, S. L. D; SILVA, C. R; DE ARAÚJO, A. A. Temporal description of Cerrado sensu stricto behavior using time series. **Ciência e Natura**, v. 40, p. 30, 2018.

MALUF, R. S. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. São José dos Campos, INPE, 2001. 68 p.

MASCARENHAS, N. D. A.; VELASCO, F. R. D. **Processamento de Imagens**. São José dos Campos, SP: INPE, 1984. 315 p.

MATTIONI, N. M.; SHUCH, L. O. B.; VILLELA, F. A. Variabilidade espacial da produtividade e da qualidade das sementes de soja em campo de produção. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 33, n. 4, p. 608-615, 2011.

MATTIONI, N. M. **Variabilidade espacial da qualidade fisiológica de sementes de soja estimada pela condutividade elétrica massal e individual**. 2013. 93 p. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Sementes) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2013.

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005.

OHLSON, O. C.; KRZYZANOWSKI, F. C.; CAIEIRO, J. T.; PANOBIANO, M. **Teste de envelhecimento acelerado em sementes de trigo**. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, p. 118-124, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222010000400013>>. Acesso em: 28 abr. 2017.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. **Introdução ao Processamento de Sensoriamento Remoto**. Concelho Nacional De Desenvolvimento Científico E Tecnológico – CNPQ. Brasília. 2012. 276 p.

MOLIN, J. P.; AMARAL, L. R.; COLAÇO, A. F. **Agricultura de Precisão**. 1 ed. São Paulo. Oficina de Textos. 2015, 238 p.

MONDO, V. H. V.; GOMES JUNIOR, F. G.; PINTO, T. L. F.; MARCHI, J. L.; MOTOMIYA, A. V. A.; MOLIN, J. P.; CICERO, S. M. Spatial variability of soil fertility and its relationship with seed physiological potential in a soybean production área. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 34, n. 2, p. 193-201, 2012.

MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo GNSS: descrição, fundamentos e aplicações**. 2 ed. São Paulo: UNESP, 2007. 476 p.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**. 3 ed. Viçosa: Ed. UFV, 2005. 320 p.

NOVO, E. M. L. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações**. 4 ed. São Paulo: Blucher, 2010. 387 p.

PÁDUA, G. P.; ZITO, R. K.; ARANTES, N. E.; FRANCA NETO, J. B. Influência do tamanho da semente na qualidade fisiológica e na produtividade da cultura da soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 2, n. 3, p. 009-016, 2010.

PEREIRA, L. C. **Índices de vegetação e estimativa do fluxo de CO<sub>2</sub> do Parque Nacional das Nascentes do Rio Parnaíba**. 2019. 31 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em

Gestão Ambiental) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Corrente, 2019.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento Remoto no Estudo da Vegetação**. São José dos Campos, SP: Ed. A. Silva Vieira, 2007. 135 p.

ROUSE, J. W. **Monitoring the vernal advancement of retrogradation of natural vegetation**. NASA/GSFC: Greenbelt, MD, 1973. 371 p. (Type III, Final Report).

SHIRATSUCHI, S. S.; SHIRATSUCHI, L. S.; BRANDAO, Z. N.; VICENTE, L. E.; VICTORIA, D. C.; DUCATI, J. R.; OLIVEIRA, R. P. de; VILELA, M. F. Sensoriamento Remoto: conceitos básicos e aplicações na Agricultura de Precisão. In: Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. **Agricultura de Precisão: resultado de um novo olhar**. Brasília, DF 2014. 596 p. Disponível em: <<https://www.macroprograma1.cnptia.embrapa.br/redeap2>>. Acesso em: 05 ago. 2017.

SOUZA, C. C.; MOREIRA, A. A.; SCHIMITH, R. S.; BRANDÃO, P. C.; SILVA, E. Técnicas de Sensoriamento Remoto como Subsídios aos Estudos de Florestas Implantadas no Brasil - Uma Revisão Bibliográfica. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 17, n. 4, p. 409-417, 2007.

SOUZA, L. S. N.; BARBOSA, C. A. C.; HENNING, A. A., KRZYZANOWSKI, F. C.; HENNING, F. A.; CONTE, O. **Qualidade fisiológica de sementes de soja em função da umidade e rotação de colheita**. In: Jornada Acadêmica da Embrapa Soja, v. 13, 2018, Londrina: Embrapa Soja, 2018.

SCHUCH, L. O. B.; KOLCHINSKI, E. M.; FINATTO, J. A. Qualidade fisiológica da semente e desempenho de plantas isoladas em soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 1, p. 144-149, 2009.

WENDT, L.; GOMES JUNIOR, F. G.; ZORATO, M. F.; GLÁUCIA CRISTINA MOREIRA, G. C. **Avaliação do potencial fisiológico de sementes de soja por meio de imagens**. Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia, v. 44, n. 3, p. 280-286, 2014.

VEIVERBERG, K. T. **Delineamento de zonas potenciais para manejo diferenciado em nível de talhão a partir de dados de colheita e de imagens de satélite**. 2016. 55 p. Dissertação (Mestrado em Agricultura de Precisão) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2016.