

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA

MARIA EDUARDA PEREIRA SANTOS

QUALIDADE DE SEMENTES DE SOJA EM ZONAS DE MANEJO COM DIFERENTE
POTENCIAL PRODUTIVO

Uberlândia – MG

2021

MARIA EDUARDA PEREIRA SANTOS

QUALIDADE DE SEMENTES DE SOJA EM ZONAS DE MANEJO COM DIFERENTE
POTENCIAL PRODUTIVO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Agronomia.

Orientador: Sandro Manuel Carmelino Hurtado

Uberlândia – MG

2021

MARIA EDUARDA PEREIRA SANTOS

QUALIDADE DE SEMENTES DE SOJA EM ZONAS DE MANEJO COM DIFERENTE
POTENCIAL PRODUTIVO

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Instituto de Ciências
Agrárias da Universidade Federal de
Uberlândia como requisito parcial para
obtenção do título de bacharel em
Agronomia.

Uberlândia, 01 de setembro de 2021.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Sandro Manuel Carmelino Hurtado (ICIAG-UFU)

Prof. Dr. Hugo César Rodrigues M. Catão (ICIAG-UFU)

Prof. Dr. Domingos Sárvio M. Valente (DEA-UFV)

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente a Deus pela minha vida, por estar comigo e me dar forças para que eu alcançasse meus objetivos, durante esses anos de faculdade;

À minha família, principalmente pela minha mãe e irmã, por todo o apoio, amor e confiança e pelo incentivo a todo momento, não permitindo que eu desistisse e enfrentasse esse momento de minha vida com toda dedicação;

Aos meus amigos que sempre estiveram do meu lado me apoiando durante a graduação;

A Universidade Federal de Uberlândia pela oportunidade em concretizar o curso de Agronomia e especialmente ao Prof. Dr. Sandro Manuel Carmelino Hurtado pela oportunidade de estar sob sua orientação, por todo auxílio prestado durante o período de orientação, o conhecimento transmitido contribuiu grandemente para a minha formação;

Aos colegas do Grupo de Estudos em Agricultura de Precisão da Universidade Federal de Uberlândia por todo o aporte, contribuição e assistência durante o desenvolvimento deste trabalho, além da equipe da Fazenda Eldorado.

RESUMO

O Brasil é importante produtor de soja no mundo com produtividades associadas ao uso de sementes de elevada qualidade. Contudo, a existência de variabilidade espacial nas lavouras interfere no potencial fisiológico das sementes. Objetivou-se com este trabalho criar zonas de manejo e defini-las com base na qualidade das sementes, avaliando a interação da população de plantas e áreas de diferente potencial na qualidade final de sementes de soja armazenadas. Os dados foram coletados na Fazenda Eldorado, Uberlândia – MG e avaliados na Universidade Federal de Uberlândia. Foram coletados dados de altitude, condutividade elétrica do solo, argila, capacidade de troca catiônica e matéria orgânica do solo. A partir deles, e com auxílio de análises de agrupamento por lógica Fuzzy, a área foi diferenciada em duas zonas de manejo (ZM), de alto e baixo potencial. Para cada uma foram estabelecidas parcelas experimentais com populações de 230, 280 e 330 mil plantas ha⁻¹ e três repetições. As ZM foram validadas segundo a qualidade fisiológica das sementes, a partir do potencial germinativo, vigor e emergência. A partir dos dados obtidos nos testes de qualidade fisiológica das sementes foi possível determinar que zonas de alto potencial produzem sementes de maior qualidade fisiológica, em especial na densidade populacional de 330 mil plantas ha⁻¹. Em zonas de baixo de potencial as sementes podem ter melhor qualidade fisiológica quando ajustada a densidade populacional, visando reduzir a competição entre as plantas.

Palavras-chave: Agricultura de precisão, Glycine max, fisiologia de sementes, densidade populacional.

ABSTRACT

Brazil is an important soybean producer in the world with yields associated with the use of high quality seeds. However, the existence of spatial variability in crops interferes with the physiological potential of seeds. The objective of this work was to create management zones and define them based on seed quality, evaluating the interaction of plant population and areas of different potential in the final quality of stored soybean seeds. Data were collected at Fazenda Eldorado, Uberlândia - MG and taken at the Federal University of Uberlândia. Altitude, soil electrical conductivity, clay, cation exchange capacity and soil organic matter data were collected. From them, and with the aid of cluster analysis using Fuzzy logic, an area differentiated into two management zones (ZM), with high and low potential. For each one, experimental plots with populations of 230, 280 and 330 thousand plants ha⁻¹ and three replications were common. The ZM were validated according to the physiological quality of the seeds, based on germination potential, vigor and emergence. From the data obtained in the physiological quality tests of the seeds, it was possible to determine which zones of high potential are seeds of greater physiological quality, especially in the population density of 330 thousand plants ha⁻¹. In low potential zones, seeds can have better physiological quality when adjusted for population density, reducing competition between plants.

Keywords: Precision agriculture, Glycine max, seed physiology, population density.

SUMÁRIO

1. Introdução.....	1
2. Material e Métodos	3
2.1 Coleta de dados	3
2.2 Definição das zonas de manejo.....	4
2.3 Condução do trabalho a campo e colheita.....	4
2.4 Análise da qualidade das sementes de soja.....	5
2.4.1 Teste de germinação, classificação de vigor e comprimento de plântulas.....	6
2.4.2 Teste de emergência e velocidade de emergência.....	7
2.5 Análise dos dados.....	9
3. Resultados e Discussão.....	10
3.1 Análise estatística descritiva para os atributos de fertilidade do solo	10
3.2 Análise e geração das zonas de manejo.....	12
3.3 Validação das zonas de manejo.....	14
3.4 Análise fisiológica da qualidade das sementes de soja.....	18
3.4.1 Teste de germinação.....	18
3.4.2 Classificação do vigor de plântulas.....	22
3.4.3 Comprimento de plântulas.....	23
3.4.4 Teste de emergência e velocidade de emergência.....	26
4. Conclusão	30
Referências.....	31

1. INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* L. Merrill) é considerada uma das culturas mais relevantes da atualidade, tanto na economia como na alimentação mundial. Seus grãos são utilizados pelas agroindústrias para produção de óleo vegetal e ração para alimentação animal, além de ser uma interessante fonte para produção de biocombustíveis (COSTA NETO; ROSSI, 2000).

No Brasil, o seu cultivo iniciou no sul, ganhando força no sudeste, indo em direção ao centro-oeste e futuramente avançando em direção ao norte e nordeste (VIEIRA FILHO, 2014). No Brasil, o rápido crescimento do cultivo foi impulsionado pelo aumento da área semeada e aplicação de novas tecnologias de manejo. Atualmente cultiva-se cerca de 37 milhões de hectares, sendo o maior produtor e exportador do mundo em 2019/2020 (CONAB, 2020). O aumento da produção de grãos traz como consequência o crescimento da produção de sementes. Na safra 2012/2013 a produção de sementes de soja atingiu 1,6 milhões de toneladas, dobrando a produção para a safra 2018/2019 com aproximadamente 3,8 milhões de toneladas (ABRASEM, 2021).

O aumento produtivo advém diretamente da boa qualidade das sementes. No processo de produção de sementes há inúmeras etapas, desde manejo da lavoura ao armazenamento das sementes, com extrema importância na determinação da qualidade de lotes ou campos de sementes (KRZYZANOWSKI et al., 2008; ROCHA et al., 2017). Nesse sentido, sementes de baixa qualidade podem alterar a sua velocidade de emergência, tendo influência na uniformidade da lavoura e no estabelecimento do estande adequado (MACHADO, 2002; VANZOLINI; CARVALHO, 2002; HÖFS et al., 2004).

A perda de qualidade fisiológica das sementes é caracterizada pelo maior número de plântulas anormais, diminuição no percentual de germinação e de vigor (SMIDERLE; CÍCERO, 1998). Sementes com alto vigor podem assegurar sucesso na lavoura em condições ambientais adversas, como o estresse hídrico (SCHEEREN et al., 2010), além de aumentar a produtividade quando comparada ao uso de sementes de baixo vigor (KOLCHINSKI et al., 2005). Nesse intuito, adotar medidas que possam diminuir prejuízos à comercialização de lotes de sementes é imprescindível para alcançar sucesso na produção de sementes.

A agricultura de precisão (AP) auxilia ao produtor na tomada de decisão ao estabelecer práticas de manejo de acordo à necessidade dos talhões (ADAMCHUK et al., 2011), com redução de danos ambientais e aumento da produtividade e qualidade fisiológica das sementes (TEY; BRINDAL, 2012). A AP não considera a lavoura como um todo, mas por zonas de

manejo (ZM) ou unidades de gestão referenciada (UGD), que são subáreas com a mesma tendência de resposta à produtividade (MILANI, 2006) ou até mesmo à qualidade.

A qualidade fisiológica das sementes não é uniforme nas lavouras e pode apresentar variabilidade espacial (GAZOLLA-NETO et al., 2015). Aqui, a definição de ZM permite aprimorar o manejo localizado de sementes, ao identificar regiões de baixo ou alto vigor e auxiliar nas prioridades da colheita. Por sua vez, o vigor das sementes também depende do armazenamento, e exige condições ideais para manutenção da qualidade durante o armazenamento.

A população de plantas é um outro fator que pode afetar a qualidade fisiológica das sementes (MONDO et al., 2012; VÁZQUEZ et al., 2008). Argenta et al. (2001), ao avaliar sementes de trigo concluíram que a densidade de plantas influencia a competição por recursos do meio, podendo modificar características morfofisiológicas da formação de sementes. Deste modo, maiores densidades podem resultar na formação de sementes de menor qualidade, devido a maior competição entre as plantas. Em lavouras de soja sabe-se que a densidade de plantas pode influenciar o crescimento das plantas, mesmo não ocorrendo a redução de rendimento (GAUDÊNCIO et al., 1990).

Nesse contexto, objetivou-se criar zonas de manejo e defini-las com base na qualidade das sementes, avaliando a interação da população de plantas e áreas de diferente potencial na qualidade final de sementes de soja armazenadas.

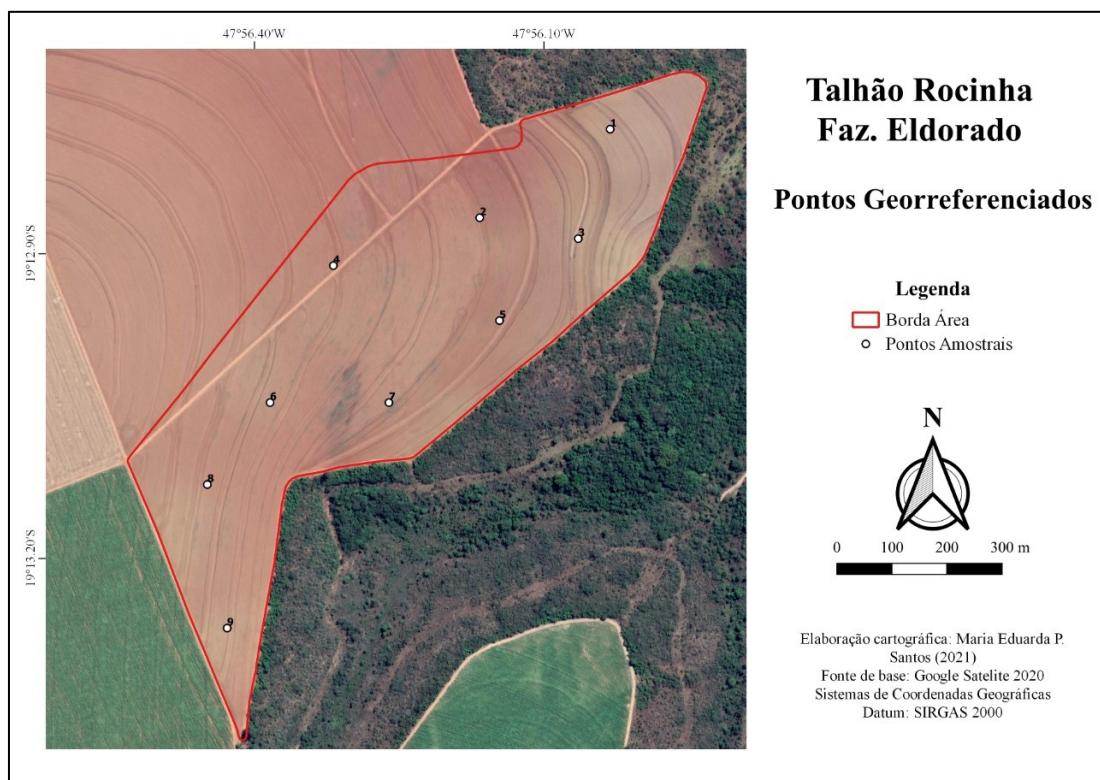
2. MATERIAL E MÉTODOS

Os dados foram coletados na fazenda Eldorado, no distrito de Tapuirama em Uberlândia-MG, a uma altitude média de 920 m. O local apresenta clima tipo AW, segundo a classificação de Köppen, com precipitação média anual de 1.267 mm, solo tipo Latossolo Vermelho Distrófico, de textura muito argilosa e é conduzido sob plantio direto em sequeiro.

2.1 Coleta de dados

O limite da área experimental, assim como locais para coleta de dados foram definidos em um talhão de 44 hectares (Figura 1). Os locais para coleta de dados seguiram uma malha regular de 5 hectares, sendo os pontos definidos a partir do programa de informações geográfico Qgis (Qgis Development Team, 2015).

Figura 1. Área experimental e de coleta de dados.



Fonte: Elaboração própria.

A coleta de amostras de solo foi realizada em período anterior ao plantio. Foram obtidos dados de altitude e atributos químicos e físicos do solo para os pontos definidos pela malha amostral. Nos pontos as amostras foram coletadas na profundidade de 0-0,2 m, a partir de 10 subamostras coletadas em um raio igual a 5 m, com ajuda de um trado. Nas amostras

determinou-se os teores de pH, P, S, K, Ca, Mg, Al, H+Al, SB, CTC, V (%), m (%) B, Cu, Fe, Mn, Zn e matéria orgânica (SILVA, 2009), bem como a textura do solo (DONAGEMA et al., 2011). Coletou-se também dados de condutividade elétrica aparente (CEa) do solo, utilizando o sensor Veris 3100® (Figura 2). A leitura da CEa foi realizada na profundidade de 0-0,3 m, com registro de dados a cada 2 segundos, em faixas distantes 20 m.

Figura 2. Leituras de Condutividade elétrica com uso do sensor Veris®.



Fonte: Acervo pessoal.

Os dados de altitude foram obtidos para os locais de coleta do solo a partir do GNSS instalado no sensor de CEa. Os dados do sensor foram posteriormente filtrados, descartando dados sem leitura ou posição geográfica, atribuídos a erros do sensor. Na sequência foi realizada a interpolação dos dados por *machine learning* com uso do algoritmo SVM e auxílio do aplicativo Smart Map Plugin, em ambiente QGis.

2.2 Definição das zonas de manejo

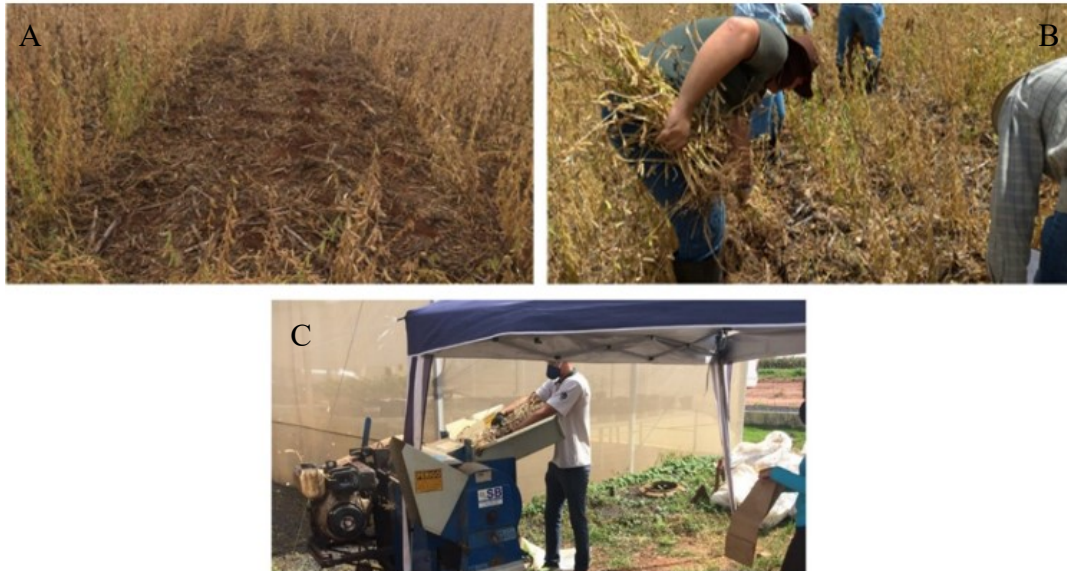
As zonas de manejo (ZM) foram definidas a partir dos mapas interpolados e análise de agrupamento por lógica Fuzzy, com auxílio do plugin Smart Map Plugin – SMP, em ambiente Qgis. Os atributos utilizados para definição das zonas de manejo foram selecionados por apresentar reduzida variação ao longo do tempo, sendo eles: altitude, argila, CEa, CTC e matéria orgânica do solo (MOS).

2.3 Condução do trabalho a campo e colheita

Na área foi instalada a cultura da soja (*Glycine max* L. Merrill), espaçamento entrelinhas de 0,50m em outubro de 2019, sendo instaladas parcelas experimentais com dimensões de 60 m² (12 linhas com 10 m de comprimento). Nas parcelas foram consideradas populações de 230.000, 280.000 e 330.000 plantas ha⁻¹, com três repetições cada uma. O manejo na área foi o adotado pela fazenda. A colheita das parcelas foi manual e realizada em

fevereiro de 2019, considerando uma área útil de 8 m² (4 linhas e 2 m de comprimento) (Figura 3A e B), sendo posteriormente, o material trilhado mecanicamente (Figura 3C).

Figura 3. Demonstração da parcela após a colheita e colheita manual das parcelas.



Fonte: Acervo pessoal.

2.4 Análise da qualidade de sementes de soja

A análise das sementes foi realizada no Laboratório de Sementes da Universidade Federal de Uberlândia (LASEM-UFU). Inicialmente, as sementes foram classificadas quanto ao número de peneira, a partir de uma amostra de 100 g e peneiras com diâmetro de abertura igual a 7,5 mm; 7,0 mm; 6,5 mm; 6,0 mm; 5,5 mm; 5,0 mm e base. As amostras retidas das peneiras foram pesadas e o resultado expresso em porcentagem. Para as análises posteriores de qualidade foram utilizadas as amostras da peneira com a maior retenção de sementes.

A determinação da qualidade fisiológica das sementes para cada população e zona de manejo considerou o armazenamento das amostras em câmara fria a 15°C com 55% UR, nos tempos de 6 e 9 meses após colheita (agosto e dezembro de 2019). Foram realizados testes de germinação, classificação do vigor de plântulas, comprimento de plântulas, emergência e velocidade de emergência (VE e IVE), considerando quatro repetições por amostra, de acordo com o protocolo de análise de sementes (BRASIL, 2009). A avaliação seguiu um esquema fatorial 2 x 3 (2 áreas de potencial x 3 densidades populacionais) com quatro repetições. Para identificação dos tratamentos foram considerados as áreas de baixo (A1) ou alto (A2) potencial e as densidades populacionais de 230 mil plantas ha⁻¹ (D1), 280 mil plantas ha⁻¹ (D2) e 330 mil plantas ha⁻¹ (D3) (Tabela 1).

Tabela 1. Tratamentos utilizados para os testes de qualidade de semente, compostos pela área de potencial e população de plantas ha⁻¹.

Tratamentos	Nomenclatura
Baixo potencial + 230 mil plantas ha ⁻¹	A1D1
Baixo potencial + 280 mil plantas ha ⁻¹	A1D2
Baixo potencial + 330 mil plantas ha ⁻¹	A1D3
Alto potencial + 230 mil plantas ha ⁻¹	A2D1
Alto potencial + 280 mil plantas ha ⁻¹	A2D2
Alto potencial + 330 mil plantas ha ⁻¹	A2D3

Fonte: Elaboração própria.

2.4.1 Teste de germinação, classificação do vigor e comprimento de plântulas

No teste de germinação foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes por lote, dispostos em dois papéis de germinação com o auxílio de tabuleiro de semeadura próprio para soja. Os papéis de germinação foram umedecidos com água destilada e alocados verticalmente em germinador regulado à 25°C, durante 5 dias. Após alocação das sementes no papel de germinação, as mesmas foram cobertas por um terceiro papel para confecção dos rolos.

O papel de germinação estava livre de impurezas que pudessem causar impedimento a germinação, e contavam com capacidade de retenção de água suficiente para assegurar a umidade das sementes de maneira adequada. Para determinação da quantidade de água que a semente necessitaria para germinar foram pesados os papéis de germinação, sendo a quantidade de água 2,5 vezes seu peso seco, de acordo com as Regras para Análise de Sementes - RAS (BRASIL, 2009). Finalmente, os rolos foram alocados em sacos plásticos, para impossibilitar a perda de umidade (Figura 4).

Figura 4. Disposição das sementes em rolos prévios a serem colocadas na germinadora.



Fonte: Acervo pessoal.

A avaliação ocorreu no quinto dia após a instalação (BRASIL, 2009) (Figura 5). Foram determinados a porcentagem de sementes que germinaram (plântulas normais), a porcentagem de plântulas anormais (anormais infectadas por patógenos ou danificadas) e classificadas as sementes que não se desenvolveram (mortas, embebidas ou duras). Também foi realizada a classificação do vigor das plântulas, sendo classificadas em plântulas normais fortes (vigorosas) ou normais fracas (pouco vigorosas, com algum problema em sua estrutura ou lesão, mas insuficientes para caracterizá-las como anormais).

Figura 5. Detalhe da avaliação no 5º dia após instalação do teste de germinação.



Fonte: Acervo pessoal.

O teste de comprimento de plântulas foi realizado em conjunto ao teste de germinação. Para isto, as 20 primeiras sementes foram alocadas no papel de germinação, em linha reta e no sentido longitudinal, com a micrópila posicionada para a parte inferior do papel, para que a plântula desenvolvesse reta, e pudesse ser realizada a avaliação de comprimento. No quinto dia após a instalação, determinou-se o comprimento da raiz e da parte aérea das plântulas normais. As avaliações de 6 e 9 meses seguiram o delineamento de blocos casualizado (DBC).

2.4.2 Teste de emergência e velocidade de emergência

Foram utilizadas caixas tipo Gerbox de poliestireno cristal e dimensão de 11x11x3,5cm, contendo areia umedecida (Figura 6) e alocadas em germinadoras à 25°C até estabilização da emergência. As Gerbox utilizadas foram lavadas com detergente e colocadas em solução de hipoclorito a 1% por alguns minutos, enxaguadas em água corrente e secadas com papel toalha. Após secagem, as caixas Gerbox foram limpas novamente com álcool líquido 70% com a ajuda de papel toalha.

Figura 6. Caixas Gerbox preenchidas com areia umedecida e identificadas de acordo com os tratamentos para realização de teste de emergência.



Fonte: Acervo pessoal.

O substrato utilizado foi areia lavada, sendo peneirada para uniformização e esterilizada em estufa à 104°C durante 24 horas. Para suprir a necessidade de água da semente, a areia foi molhada com água destilada até atingir capacidade de campo (CC). A mesma foi obtida utilizando-se o método do Funil. Para isto foram pesados 50g do substrato e adicionados 50mL de água em um filtro, deixando filtrar até que parasse de descer água, para então medir a quantidade de água descida, ficando o substrato na CC. O resultado foi multiplicado por 0,6, sendo o valor da capacidade de retenção necessária para suprir a necessidade das sementes continuamente durante todo o período de avaliação.

Foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes semeadas a 2 cm de profundidade e a 2 cm de distância entre elas. Foi realizada a contagem do número de plântulas emergidas a cada 12h (Figura 7). Foi considerada emergida a plântula na qual a alça cotiledonar ficava acima nível do substrato (BRASIL, 2009).

Figura 7. Detalhe da avaliação durante o teste de emergência.



Fonte: Acervo pessoal.

Para o cálculo da velocidade de emergência utilizou-se os métodos de Edmond e Drapala (1958) (Equação 1) e Maguire (1962) (Equação 2).

Equação 1. Método de cálculo de Velocidade de Emergência proposto por Edmond e Drapala (1958).

$$VE = \frac{N_1 * G_1 + N_2 * G_2 + \dots + N_i * G_i}{G + G_2 + \dots + G_i}$$

Onde: VE = velocidade de emergência;
G = número de plântulas emergidas por dia de contagem;
N = tempo da contagem, em dias.

Equação 2. Método de cálculo de Índice de Velocidade de Emergência proposto por Maguire (1962).

$$IVE = \frac{N_1}{D_1} + \frac{N_2}{D_2} + \dots + \frac{N_n}{D_n}$$

Onde: IVE = índice de velocidade de emergência;
N = número de plântulas emergidas por dia de contagem;
D = tempo da contagem, em dias, após a semeadura.

Nas avaliações de emergência foram empregados o delineamento inteiramente casualizado (DIC), no tempo 6 meses e o delineamento de blocos casualizado (DBC) para a avaliação de 9 meses. A diferença foi em função ao tipo de germinador utilizado para ambos os tempos.

2.5 Análise dos dados

Os dados de solo obtidos para definição das zonas de manejo foram analisados de forma descritiva com cálculo de valores mínimo, máximo, média, mediana e coeficientes de variação, assimetria e curtose (FERREIRA, 2011). Os dados foram validados pelo teste T.

Para os ensaios de qualidade das sementes foi realizada análise de variância e teste de Tukey, a 5% de probabilidade, com auxílio programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise estatística e descritiva dos atributos de fertilidade do solo

A partir dos dados observa-se variação no intervalo entre valores mínimos e máximos, que podem demonstrar a existência de manchas nos atributos analisados (Tabela 2). A proximidade nos valores de média e mediana para a maioria dos atributos, como os valores de assimetria e curtose próximos de zero, estaria indicando baixa concentração e homogeneidade nos dados. O coeficiente de variação (CV%) foi considerado baixo (<10%) para pH, Ca, SB, H+Al, CTC, V (%) e altitude. Enquanto, para a argila, MOS, P, K, Mg, Cu, Fe e CEa, foram altos (20-30%) e para silte, areia, S, B, Mn e Zn, muito altos (>30%) (GOMES, 2000). Baixos CV% indicam reduzida variação nos dados dos atributos, podendo auxiliar na definição de zonas de manejo (ZM).

Tabela 2. Análise descritiva para os atributos avaliados.

Atributo	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Assimetria	Curtose	CV%
Altitude (m)	906,3	932,5	920,3	918,2	-0,2	-1,3	1,0
CEa (0-0,3 m)	6,3	11,4	8,9	9,2	-0,1	-1,5	20,1
Argila (g.kg ⁻¹)	330,00	767,00	512,56	455,00	0,51	-1,26	29,91
Silte (g.kg ⁻¹)	30,00	174,00	83,33	69,00	0,98	-0,35	64,21
Areia (g.kg ⁻¹)	203,00	601,00	404,11	424,00	0,02	-1,55	35,08
pH (CaCl ₂)	5,40	5,70	5,59	5,60	-0,55	-0,55	1,89
MOS (g.dm ⁻³)	16,90	24,30	21,23	21,70	-0,69	-1,00	13,17
P (mg.dm ⁻³)	28,00	40,00	32,67	32,00	1,22	1,96	10,60
S (mg.dm ⁻³)	3,00	13,00	7,56	8,00	0,26	-1,32	47,77
K (mmolc.dm ⁻³)	0,90	1,30	1,14	1,20	-1,36	0,50	12,44
Ca (mmolc.dm ⁻³)	32,00	39,00	35,44	36,00	-0,09	-0,43	6,17
Mg (mmolc.dm ⁻³)	8,00	14,00	11,33	12,00	-0,36	-1,49	18,72
Al (mmolc.dm ⁻³)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
H+Al (mmolc.dm ⁻³)	22,21	28,57	24,76	23,65	0,46	-1,44	9,36
SB (mmolc.dm ⁻³)	41,90	52,20	47,92	49,20	-0,40	-1,46	8,13
CTC (mmolc.dm ⁻³)	64,00	81,00	72,78	73,00	-0,07	-0,84	7,46
V (%)	62,60	68,70	65,83	65,50	0,09	-0,35	2,96
m (%)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B (mg.dm ⁻³)	0,16	0,98	0,46	0,42	1,03	0,92	54,72
Cu (mg.dm ⁻³)	0,80	1,30	0,96	1,00	1,19	2,08	16,64
Fe (mg.dm ⁻³)	13,00	26,00	18,00	17,00	0,72	-0,58	24,85
Mn(mg.dm ⁻³)	1,70	12,60	4,08	3,00	2,19	5,21	85,43
Zn (mg.dm ⁻³)	0,60	2,20	1,12	1,10	1,43	3,24	42,45

CEa = condutividade elétrica aparente do solo (0-0,3 m); MOS, matéria orgânica do solo; CTC = capacidade de troca catiônica do solo; SB = soma de bases; V (%) = saturação por bases; m (%) = saturação por alumínio; CV% = coeficiente de variação.

Fonte: Elaboração própria.

A classificação agronômica dos atributos de solo permitiu observar uma boa construção da fertilidade (Tabela 3).

Tabela 3. Interpretação agronômica para os atributos de fertilidade do solo.

Atributos ¹		Muito Baixo	Baixo	Bom	Alto	Muito Alto
pH (CaCl ₂) ²	Classificação	≤ 4,3	4,4 - 5,0	5,1 - 5,5	5,6 - 6,0	> 6,0
	%	0	0	33	66	0
MOS (dag.kg ⁻¹)	Classificação	≤ 0,70	0,71 - 2,00	2,01 - 4,00	4,01 - 7,0	> 7,00
	%	0	0	56	44	0
Fósforo resina ² (mg.dm ⁻³)	Classificação	≤ 6	7 - 15	16 - 40	41 - 80	> 80
	%	0	0	0	100	0
Potássio (mg.dm ⁻³)	Classificação	≤ 15	16 - 40	41 - 70	71 - 120	> 120
	%	0	0	0	0	100
Cálcio (cmolc.dm ⁻³)	Classificação	≤ 0,40	0,41 - 1,20	1,21 - 2,40	2,41 - 4,0	> 4,00
	%	0	0	0	100	0
Magnésio (cmolc.dm ⁻³)	Classificação	≤ 0,15	0,16 - 0,45	0,46 - 0,90	0,91 - 1,50	> 1,50
	%	0	0	22	78	0
Enxofre ² (mg.dm ⁻³)	Classificação		0 - 4	5 - 10	> 10	
	%		33	22	44	
Alumínio (cmolc.dm ⁻³)	Classificação	≤ 0,20	0,21 - 0,50	0,51 - 1,00	1,01 - 2,0	> 2,00
	%	100	0	0	0	0
H+Al (cmolc.dm ⁻³)	Classificação	1,01 - 2,50	2,51 - 5,00	5,01 - 9,00	> 9,00	
	%	56	44	0	0	
Soma de bases (cmolc.dm ⁻³)	Classificação	≤ 0,60	0,61 - 1,80	1,81 - 3,60	3,61 - 6,00	> 6,00
	%	0	0	0	100	0
CTC (cmolc.dm ⁻³)	Classificação	≤ 1,60	1,61 - 4,30	4,31 - 8,60	8,61 - 15,00	> 15,00
	%	0	0	100	0	0
Saturação por bases (%)	Classificação	≤ 20,0	20,1 - 40,0	40,1 - 60,0	60,1 - 80,0	> 80,0
	%	0	0	0	100	0
Boro (mg.dm ⁻³)	Classificação	≤ 0,15	0,16 - 0,35	0,36 - 0,60	0,61 - 0,9	> 0,90
	%	0	33	44	11	11
Cobre (mg.dm ⁻³)	Classificação	≤ 0,3	0,4 - 0,7	0,8 - 1,2	1,3 - 1,8	> 1,8
	%	0	0	89	11	0
Ferro (mg.dm ⁻³)	Classificação	≤ 8	9 - 18	19 - 30	31 - 45	> 45
	%	0	33	67	0	0
Manganês (mg.dm ⁻³)	Classificação	≤ 2	3 - 5	6 - 8	9 - 12	> 12
	%	44	44	0	0	1
Zinco (mg.dm ⁻³)	Classificação	≤ 0,40	0,5 - 0,9	1,0 - 1,5	1,6 - 2,2	> 2,2
	%	0	33	56	11	0

Fonte: ¹Adaptado de 5ª Aproximação (RIBEIRO et al., 1999); ²Valores citados em Rajj et al. (1996).

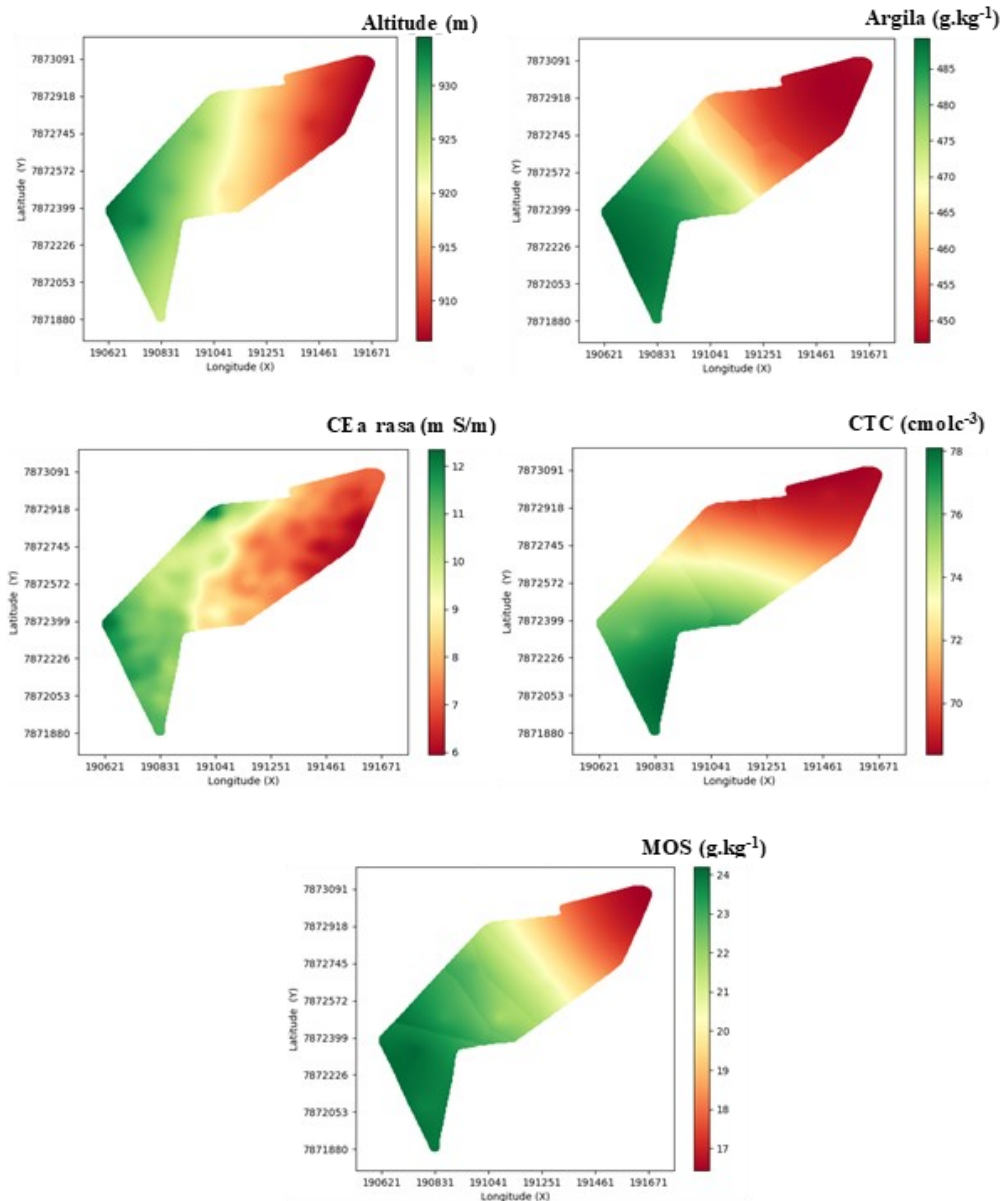
Destaca-se o valor do pH (5,6) como ideal para o sistema plantio direto (SPD) (CQFS RS/SC, 2004). Os elementos mais requeridos para a cultura da soja (EMBRAPA SOJA, 2008), também estão em valores adequados, a disponibilidade K é muito boa, enquanto os teores de Magnésio, Cálcio, Fósforo e Enxofre são bons.

Os micronutrientes Boro, Cobre e Zinco apresentaram teores bons. Por outro lado, os baixos teores de Manganês podem influenciar as reações metabólicas ligadas a fotossíntese e à fixação biológica de nitrogênio na soja (HANSEL; OLIVEIRA, 2016).

3.2 Definição de zonas de manejo

As zonas de manejo (ZM) foram definidas a partir dos dados interpolados de altitude, argila, CEa, CTC e matéria orgânica do solo (MOS), ao ter esses atributos reduzida variação temporal. Estudos definem ZM a partir de produtividade, K, CTC, MOS e pH (UMBELINO et al., 2018); condutividade elétrica aparente do solo e matéria orgânica (ALVES et al., 2013); CEa (0-0,3 m), K, areia e argila (SANTOS et al., 2017) e altitude, CEa e atributos de solo (MELO et al., 2017). A existência de variação espacial foi verificada nos mapas dos atributos altitude, argila, CEa, CTC e MOS (Figura 8).

Figura 8. Mapas interpolados por machine learning para os atributos altitude, argila, CEa, CTC, MOS.



Fonte: Elaboração própria.

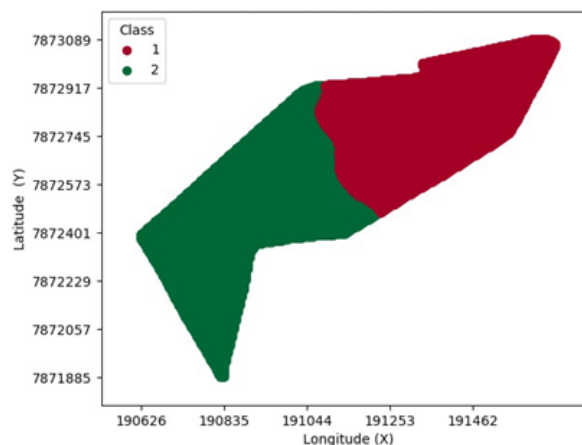
Nos mapas é possível observar a presença de manchas definidas no talhão. Para altitude, as menores cotas estão situadas na porção superior do talhão. Na região com as menores altitudes, percebe-se também os menores teores de argila. Para a CEa, as manchas no talhão direcionam os maiores valores na região inferior do talhão e os menores na superior. A CTC e a MOS apresentam semelhante distribuição espacial aos atributos acima citados.

Segundo Corwin e Lesch (2005) a condutividade elétrica aparente do solo (CEa) pode ser utilizada como um indicador no monitoramento de características do solo, principalmente para o teor de água no solo, CTC, textura e MOS.

A soja é uma cultura que demanda de elevados níveis hídricos para altas produtividades, pois a água desempenha papel fundamental nos períodos de germinação-emergência e floração-enchimento de grãos (FARIAS et al., 2007). Assim, a MOS e CTC podem ser correlacionados a altas produtividades por estarem ligados diretamente à disponibilidade de nutriente às plantas (RONQUIM, 2010). Maiores teores desses atributos provavelmente irão definir áreas de maior potencial produtivo e possivelmente de maior potencial qualitativo, como para sementes de melhor qualidade, por exemplo.

O número de regiões ou zonas de manejo (ZM) foi definido com auxílio do índice de performance Fuzzy (FPI) e entropia da classificação normalizada (NCE) (Figura 9). A partir do mapa foi observada a existência de duas zonas de manejo, de baixo (área superior do talhão) e alto potencial (área inferior do talhão). Observa-se que o mapa seguiu distribuição similar à dos mapas encontrados na interpolação (Figura 8).

Figura 9. Mapa de Zonas de Manejo definida a partir dos atributos altitude, argila, CEa, CTC e MOS.



Fonte: Elaboração própria.

3.3 Validação das zonas de manejo

A validação das ZM foi realizada a partir dos valores de mínimo, máximo, média, desvio padrão, erro padrão e coeficiente de variação (CV%) dos atributos utilizados para a definição das zonas (Tabela 4).

Tabela 4. Análise descritiva dos atributos utilizados na definição das zonas de manejo.

Atributos	Classes	N	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	Erro Padrão	CV (%)
Altitude (m)	1	4	906,3	918,2	912,4	5,3	2,6	0,6
	2	5	917,6	932,5	926,7	5,5	2,5	0,6
Argila (g.kg ⁻¹)	1	4	330,0	455,0	389,5	51,2	25,6	13,2
	2	5	411,0	767,0	611,0	133,3	59,6	21,8
CEa (0-0,3m)	1	4	6,3	8,0	7,2	0,7	0,4	10,2
	2	5	9,2	11,4	10,3	0,9	0,4	8,3
CTC (mmolc.dm ⁻³)	1	4	64,0	73,0	68,8	3,7	1,8	5,4
	2	5	69,0	81,0	76,0	4,4	2,0	5,8
MOS (g.dm ⁻³)	1	4	16,9	23,3	19,3	3,0	1,5	15,5
	2	5	21,1	24,3	22,8	1,4	0,6	6,0

CEa = condutividade elétrica aparente do solo; MOS = matéria orgânica do solo; CV% = coeficiente de variação.

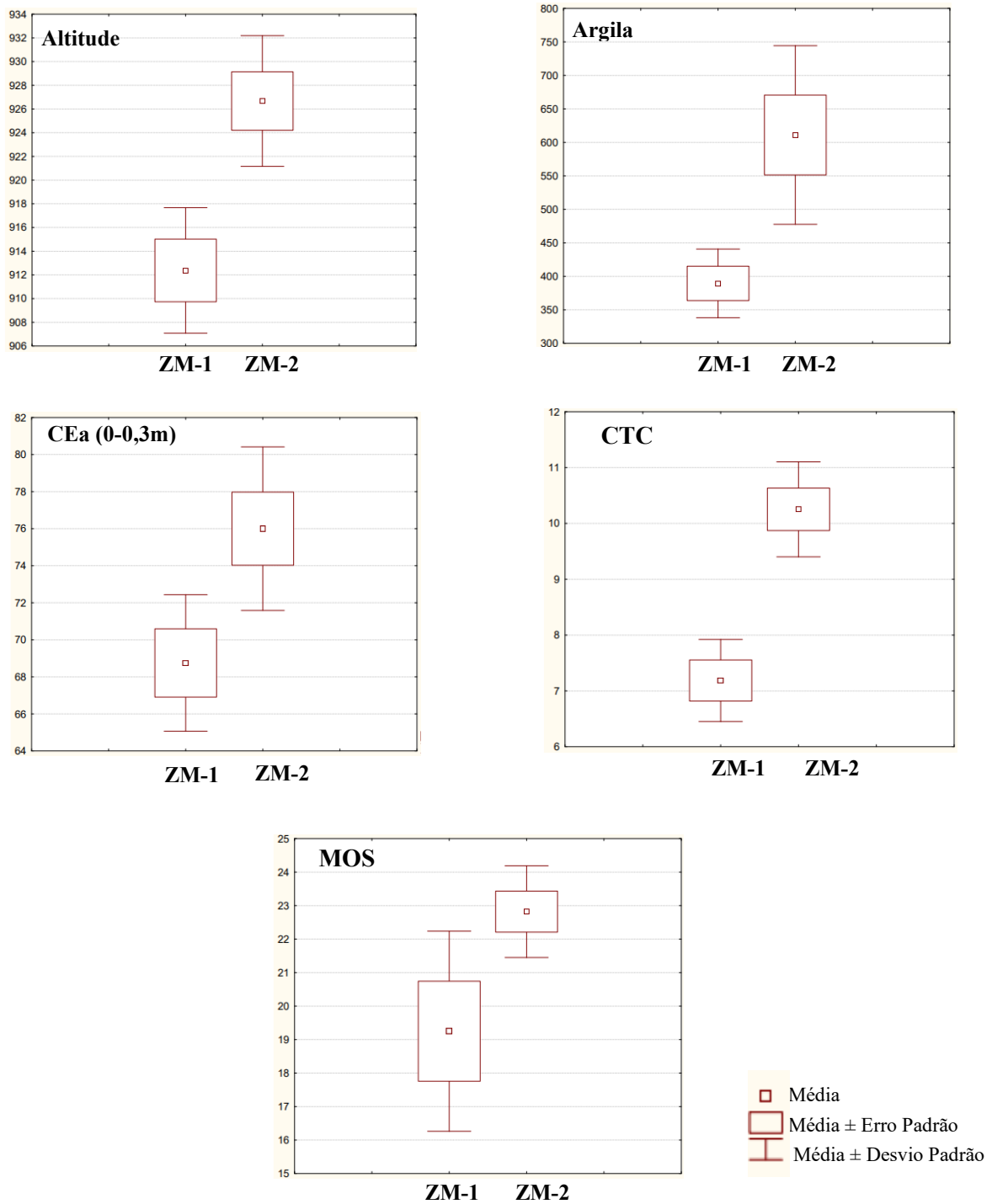
Fonte: Elaboração própria.

Considerando a média, todos os atributos mostraram diferença para as zonas de manejo definidas. O erro padrão confirma essa tendência a partir dos gráficos Box-Whisker (Figura 10).

Uma segunda validação foi realizada a partir dos dados dos atributos de solo não utilizados na definição das zonas de manejo (Tabela 5).

Quando considerado a média e o erro padrão percebe-se que houve diferenciação em zonas de manejo para os atributos de areia, CEa, pH, P, K, Mg, H+Al, SB, Cu, Mn e Zn.

Figura 10. Teste-T (gráficos de Box-Whisker) para validação das zonas de manejo com base nos atributos de altitude, argila, CEa, CTC e MOS.



Fonte: Elaboração própria.

Tabela 5. Estatística descritiva para os atributos de solo não utilizados na definição das zonas de manejo.

Atributos	Classes	N	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	Erro Padrão	CV (%)
Areia (g.kg ⁻¹)	1	4	449	601	534,3	64,4	32,2	12,1
	2	5	203	424	300	81,2	36,3	27,1
Silte (g.kg ⁻¹)	1	4	57	96	76,3	16,9	8,5	22,2
	2	5	30	174	89	73,6	32,9	82,7
CEa (0-0,9m)	1	4	3,6	4,5	4,2	0,4	0,2	10,2
	2	5	5,7	8,1	7	0,9	0,4	12,7
pH (CaCl ₂)	1	4	5,6	5,7	5,6	0,1	0	1
	2	5	5,4	5,7	5,5	0,1	0,1	2,1
P (mg.dm ⁻³)	1	4	28	32	30,8	1,9	0,9	6,2
	2	5	31	40	34,2	3,8	1,7	11,2
K (mmol.dm ⁻³)	1	4	0,9	1,3	1,1	0,2	0,1	19,2
	2	5	1,2	1,2	1,2	0	0	0
Ca (mmol.dm ⁻³)	1	4	33	36	34,8	1,5	0,8	4,3
	2	5	32	39	36	2,6	1,2	7,3
Mg (mmol.dm ⁻³)	1	4	8	13	10	2,2	1,1	21,6
	2	5	10	14	12,4	1,5	0,7	12,2
S (mg.dm ⁻³)	1	4	4	13	6,8	4,3	2,1	63,3
	2	5	3	12	8,2	3,3	1,5	40,8
H+Al (mmol.dm ⁻³)	1	4	22,2	23,4	22,7	0,5	0,3	2,3
	2	5	23,6	28,6	26,4	1,8	0,8	6,8
SB (mmol.dm ⁻³)	1	4	41,9	49,9	45,8	3,3	1,6	7,2
	2	5	43,2	52,2	49,6	3,8	1,7	7,6
V (%) (mmol.dm ⁻³)	1	4	65,5	68,4	66,6	1,4	0,7	2,1
	2	5	62,6	68,7	65,2	2,2	1	3,4
B (mg.dm ⁻³)	1	4	0,3	1	0,5	0,3	0,2	60,9
	2	5	0,2	0,7	0,4	0,2	0,1	52,8
Cu (mg.dm ⁻³)	1	4	0,8	1	0,9	0,1	0	11,8
	2	5	0,9	1,3	1	0,2	0,1	14,6
Fe (mg.dm ⁻³)	1	4	13	23	16,5	4,5	2,3	27,3
	2	5	14	26	19,2	4,5	2	23,7
Mn (mg.dm ⁻³)	1	4	3	12,6	6,5	4,2	2,1	64,2
	2	5	1,7	3,1	2,1	0,6	0,3	27,4
Zn (mg.dm ⁻³)	1	4	0,6	1,2	0,9	0,3	0,2	35,3
	2	5	0,9	2,2	1,3	0,5	0,2	37,5

CEa = condutividade elétrica aparente do solo; CTC = capacidade de troca catiônica do solo; SB = soma de bases; V (%) = saturação por bases; CV% = coeficiente de variação.

Fonte: Elaboração própria.

3.4 Análise fisiológica da qualidade das sementes de soja

Nunes (2021), ao trabalhar com os dados de soja obtidos para a mesma área e safra do presente trabalho, observou uma maior produtividade em 240 kg de sementes ha⁻¹ para a ZM de alto potencial, obtida para a densidade de 330 mil plantas ha⁻¹. Para a ZM de baixo potencial as melhores produtividades foram para a densidade de 280 mil plantas ha⁻¹. Em relação ao PMS, a autora observou o maior valor na zona de baixo potencial. Já, a peneira com os maiores percentuais retidos, para ambas ZM foi a 14 (5,46 mm).

3.4.1 Teste de germinação

A análise de variância para o teste de germinação, com tempo de armazenamento de 6 e 9 meses, é observado na Tabela 6. No tempo 6 meses, houve significância da fonte de variação (FV) potencial (alto ou baixo) para os atributos plântulas normais, plântulas anormais danificadas e infectadas, sementes embebidas e sementes mortas. No entanto, para a fonte de variação densidade populacional significância pode ser verificada apenas para os atributos plântulas normais e sementes mortas. Interação significativa pode ser verificada entre as zonas de diferente potencial e a densidade populacional para as variáveis plântulas normais e plântulas anormais danificadas.

Aos 6 meses observa-se, ainda, que sementes advindas da área de alto potencial apresentaram resultados melhores nos atributos avaliados. Isso demonstra a aptidão que as zonas de alto potencial podem ter para a obtenção de sementes de melhor qualidade.

A zona de melhor potencial obteve altos valores de germinação de sementes. Danos por embebição é muito comum em Fabáceas e acontece quando sementes com baixo teor de umidade entram em contato em meio muito úmido, afetando a germinação (HOBBS; OBENDORF, 1972). Quanto a densidade de plantas, os melhores resultados foram encontrados com a população de 280 mil plantas ha⁻¹, enquanto para as de 230 e 330 mil plantas ha⁻¹ foi observado semelhante resultado.

Tabela 6. Resumo da análise de variância do teste de germinação (%) de sementes de soja de duas áreas de potencial (baixo e alto) e três populações (230, 280 e 330 mil plantas ha⁻¹), realizado 6 e 9 meses após a colheita para: plântulas normais (PNormais) e danificadas (PADanif), plântulas anormais infectadas (PAInfec), sementes mortas (SMortas), embebidas (SEmb) e duras (SDuras). Uberlândia-MG, 2021.

Fonte de Variação	GL	6 meses						9 meses					
		%											
		PNormais	PADanif	PAInfec	SMortas	SEmb	SDuras	PNormais	PADanif	PAInfec	SMortas	SEmb	SDuras
Potencial	1	384.00**	63.38*	26.04**	135.38**	28.17**	0.42 ^{ns}	61.76 ^{ns}	10.01 ^{ns}	27.09*	75.26**	4.59*	0.51 ^{ns}
População	2	74.89**	6.78 ^{ns}	5.28 ^{ns}	21.47*	0.79 ^{ns}	0.42 ^{ns}	186.01**	22.70 ^{ns}	48.89**	32.09**	0.41 ^{ns}	0.20 ^{ns}
Pot. * Pop.	2	226.16**	100.90**	1.14 ^{ns}	8.09 ^{ns}	3.79 ^{ns}	0.42 ^{ns}	54.23 ^{ns}	29.82 ^{ns}	0.59 ^{ns}	2.20 ^{ns}	0.41 ^{ns}	0.32 ^{ns}
Resíduo	15	20.20	13.67	2.10	4.02	2.98	0.42	23.4	14.34	5.80	1.61	0.69	0.20
Média		78.79	10.88	2.50	5.00	2.79	0.04	79.23	11.14	58.11	4.31	0.94	194.81
CV (%)		5.70	33.99	58.00	40.11	61.81	489.90	6.11	33.98	4.15	29.45	88.49	0.23
Teste de Médias – Potencial													
Baixo		74 b	12 b	4 b	7 b	2 a	1 a	78 a	11 a	5 b	6 b	0 a	0 a
Alto		83 a	9 a	1 a	3 a	4 b	0 a	81 a	12 a	3 a	3 a	1 b	0 a
Teste de Médias - Densidade de Plantas ha ⁻¹													
230 mil		77 b	11 a	3 a	6 b	3 a	0 a	74 b	12 a	7 b	6 b	1 a	0 a
280 mil		82 a	10 a	2 a	3 a	3 a	0 a	82 a	10 0a	4 a	3 a	1 a	0 a
330 mil		78 ab	11 a	3 a	5 ab	3 a	0 a	82 a	12 a	2 a	2 a	1 a	1 a

** Significativo a 1% de probabilidade; * Significativo a 5% de probabilidade; ns Não Significativo; GL = Graus de Liberdade.

⁽¹⁾ Médias seguidas de letras minúscula distintas na coluna, diferem significativamente entre si pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração própria.

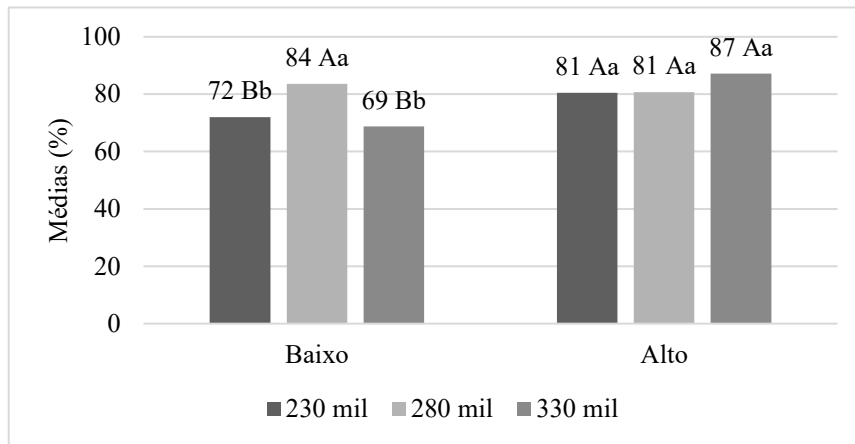
Considerando o teste de germinação no tempo 9 meses, houve diferença significativa na FV potencial apenas para as plântulas anormais infectadas, sementes mortas e embebidas. Para a FV população de plantas, houve significância para plântulas normais, plântulas anormais infectadas e sementes mortas. Para este tempo de armazenamento não houve interação significativa em nenhum atributo analisado (Tabela 6). No tempo de armazenamento (9 meses), os melhores resultados foram observados para a ZM de alto potencial. Em relação a densidade populacional, os melhores resultados foram encontrados para as maiores população, de 280 e 330 mil plantas ha⁻¹.

O resultado pode ser devido ao efeito de plasticidade da soja, ao ajustar a sua população em função do ambiente (GARCIA, 1992), ajustando assim, os fotoassimilados direcionados à produção das sementes. Nakagawa et al. (1986), observaram maior qualidade fisiológica em sementes de soja produzidas em áreas de maiores com densidade populacional. Rezende et al. (1985), Moore (1991) e Vázquez (2008), não verificaram a mesma resposta ante a variação populacional. Por sua vez, Baron et al. (2018), observaram maior percentual de germinação e redução de plântulas anormais em relação do maior peso da semente, o que não foi observado por Nunes (2021), para dados obtidos na mesma área e safra. Contudo, foi observado para todas as populações da região de alto potencial, uma germinação acima de 80% considerado valor mínimo para comercialização de sementes certificadas de soja no Brasil (BRASIL, 2013). No entanto, a exigência não foi atendida ao se considerar a população de 230 mil plantas ha⁻¹ na ZM de alto potencial, independente da época analisada, e também para população de 330 mil plantas ha⁻¹ aos 6 meses de armazenamento.

Ao analisar a interação das FV para o número de plântulas normais, no tempo 6 meses, observou-se diferença significativa na zona de baixo potencial, com as maiores médias de germinação (84%) na população de 280 mil ha⁻¹ (Figura 11). Isso mostra que as sementes da produzidas em regiões de alto potencial apresentam germinação (plântulas normais) superior independente da população de plantas avaliadas.

Para as plântulas anormais danificadas (Figura 12), houve diferenciação na região de baixo potencial, com os maiores valores de média observados para a densidade populacional de 330 mil plantas ha⁻¹.

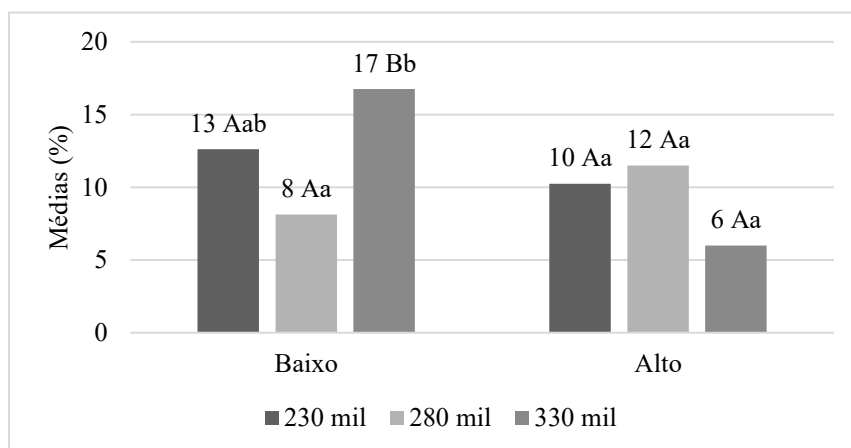
Figura 11. Valores de média (%) para a interação de potencial x densidade de plantas ha⁻¹ para o atributo plântulas normais com 6 meses de armazenamento. Uberlândia, 2021.



⁽¹⁾ Médias seguidas de letras maiúsculas distintas diferem significativamente, teste Tukey a 5% de probabilidade, para um mesmo potencial. Médias seguidas de letras minúsculas diferem significativamente, teste Tukey a 5% de probabilidade, entre potenciais.

Fonte: Elaboração própria.

Figura 12. Valores de média (%) para a interação de potencial x densidade de plantas ha⁻¹ para o atributo plântulas anormais danificadas com 6 meses de armazenamento. Uberlândia, 2021.



⁽¹⁾ Médias seguidas de letras maiúsculas distintas diferem significativamente, teste Tukey a 5% de probabilidade, para um mesmo potencial. Médias seguidas de letras minúsculas diferem significativamente, teste Tukey a 5% de probabilidade, entre potenciais.

Fonte: Elaboração própria.

Nos resultados apresentados na Figuras 11 e 12, observa-se claramente a capacidade da soja em se adequar a diferentes populações em diferentes zonas de manejo. Na área de alto potencial, ou seja, uma área onde a planta encontra melhores condições para seu desenvolvimento (Tabela 4 e 5), a planta conseguiu se ajustar as diversas populações, não

diferindo a qualidade de suas sementes. Enquanto, na região de baixo potencial é possível perceber que as plantas produzem sementes de menor qualidade. Resultados semelhantes foram registrados por Mondo et al. (2012) e Mattioni et al. (2013), ao observar relação direta entre sementes de alta qualidade e áreas com melhores fertilidade de solo. Na região de baixo potencial, as plantas se ajustaram melhor a populações intermediárias. Apesar da plasticidade da soja, a cultura pode não se ajustar a elevadas populações na presença de condições adversas do solo (GAUDÊNCIO et al., 1990).

3.4.2 Classificação do vigor de plântulas

O resultado da classificação do vigor de plântulas visou avaliar a porcentagem de plântulas fortes e fracas, para os tempos de armazenamento de 6 e 9 meses (Tabela 7). Houve significância apenas para a FV potencial, no tempo de 6 meses. Para essa FV, as médias na região de alto potencial foram superiores para plântulas fortes e menores para plantas fracas. Baron et al. (2018), observaram maior vigor em populações de 200 e 300 mil plantas ha⁻¹, tanto para zonas de alto como de baixo potencial.

No presente estudo não houve significância para a FV densidade populacional aos 6 e 9 meses de armazenamento, concordando com Vásquez et al. (2008). Conforme o tempo de armazenamento transcorre, as sementes perdem vigor, mesmo em condições ideais (CUNHA et al., 2009). A partir dos dados fica evidente a perda de vigor de plântulas em parte do talhão, destacando a região com menor potencial, para o tempo 6 meses. Aos 9 meses, a perda das plântulas foi maior, sem mostrar diferenças entre ambas ZM (Tabela 7).

Tabela 7. Resumo da análise de variância da classificação do vigor de plântulas (%) de duas áreas de potencial (baixo e alto) e três populações (230, 280 e 330 mil plantas ha⁻¹), realizado 6 e 9 meses após a colheita avaliando: plântulas normais fortes (PNForte) e fracas (PNFraca). Uberlândia, 2019/2021.

Fonte de Variação	GL	6 meses		9 meses	
		Quadrado Médio			
		PNForte	PNFraca	PNForte	PNFraca
%					
Potencial	1	480.89**	480.89**	703.94 ^{ns}	703.94 ^{ns}
População	2	36.63 ^{ns}	36.63 ^{ns}	184.34 ^{ns}	184.34 ^{ns}
Pot. * Pop.	2	127.90 ^{ns}	127.90 ^{ns}	85.15 ^{ns}	85.15 ^{ns}
Erro	15	36.50	36.50	584.88	584.88
Média		74.98	25.02	69.21	78.55
CV (%)		8.06	24.16	34.94	30.79
Teste de Médias – Potencial					
Baixo		70 b	30 b	64 a	36 a
Alto		79 a	21 a	75 a	25 a
Teste de Médias - Densidade de Plantas ha ⁻¹					
230 mil		73 a	27 a	73 a	27 a
280 mil		76 a	24 a	70 a	30 a
330 mil		76 a	24 a	64 a	36 a

** Significativo a 1% de probabilidade; * Significativo a 5% de probabilidade; ns Não Significativo; GL = Graus de Liberdade.

⁽¹⁾ Médias seguidas de letras minúscula distintas na coluna, diferem significativamente entre si pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração própria.

3.4.3 Comprimento de plântulas

Quanto à análise do comprimento de plântulas (Tabela 8), foi observado aos 6 meses de armazenamento, diferença significativa para as fontes de variação, com exceção da interação das FV quando avaliado o comprimento radicular. Entretanto, para o tempo 9 meses (Tabela 8), somente pode ser verificada significância para a FV potencial para as variáveis comprimento de parte aérea e plântula inteira.

De maneira geral, as médias foram superiores para os atributos avaliados na ZM de alto potencial, aos 6 meses. Quando avaliada a densidade de plantas ha⁻¹, a população de 330 mil plantas ha⁻¹ foi a que apresentou os melhores resultado no comprimento de plântulas, diferenciando-se estatisticamente da população de 230 mil plantas ha⁻¹, que apresentou as menores médias (Tabela 8). Para Marchiori et al. (1999), o aumento na densidade de plantas pode causar aumento no comprimento das plantas. Para o tempo de armazenamento 9 meses, houve diferença entre as ZM para o comprimento de parte aérea e da plântula inteira, com os

maiores valores na região de alto potencial. Para a FV densidade populacional não foram encontradas diferenças estatísticas (Tabela 8).

Resultados observados por Vanzolini e Carvalho (2002) e Henning et al. (2010), demonstram que sementes de maior vigor dão origem a plântulas maiores, em detrimento a sementes que apresentam menor vigor.

Quando avaliada a interação entre ambas FV, no tempo 6 meses, o atributo parte aérea destaca na região de alto potencial na população de 330 mil plantas ha⁻¹, embora não tenha sido observada diferença estatística (Figura 13). Para a região de baixo potencial, o destaque é para a população de 280 mil plantas ha⁻¹. É possível evidenciar que o potencial do local influencia no estabelecimento inicial de plântulas, quando avaliada a parte aérea.

Tabela 8. Resumo da análise de variância do teste de comprimento de plântulas (cm) de duas áreas de potencial (baixo e alto) e três populações (230, 280 e 330 mil plantas ha⁻¹) realizado 6 e 9 meses após a colheita para: parte aérea (PAérea), parte radicular (PRadicular) e plântula inteira. Uberlândia, 2021.

Fonte de Variação	GL	6 meses			9 meses		
		PAérea	PRadicular	Plântula inteira	PAérea	PRadicular	Plântula inteira
Potencial	1	18.17**	1.99**	31.84**	19.27*	2.84 ^{ns}	36.91*
População	2	3.36**	0.90*	7.87**	4.13 ^{ns}	1.06 ^{ns}	9.32 ^{ns}
Pot. * Pop.	2	4.20**	0.23 ^{ns}	5.66**	1.28 ^{ns}	0.77 ^{ns}	4.02 ^{ns}
Erro	15	0.43	0.15	0.86	2.31	0.7	4.43
Média		5.79	2.4	8.19	5.24	1.81	7.04
CV (%)		11.28	16.01	11.20	29.02	46.35	29.87
Teste de Médias – Potencial							
Baixo		4.92 b	2.11 b	7.04 b	4.33 b	1.46 a	5.80 b
Alto		6.66 a	2.68 a	9.34 a	6.13 a	1.51 a	8.28 a
Teste de Médias - Densidade de Plantas ha ⁻¹							
230 mil		5.15 b	2.06 b	7.21 b	4.93 a	1.59 a	6.51 a
280 mil		5.78 ab	2.39 ab	8.17 ab	6.10 a	2.23 a	8.28 a
330 mil		6.44 a	2.73 a	9.20 a	4.72 a	1.61 a	6.33 a

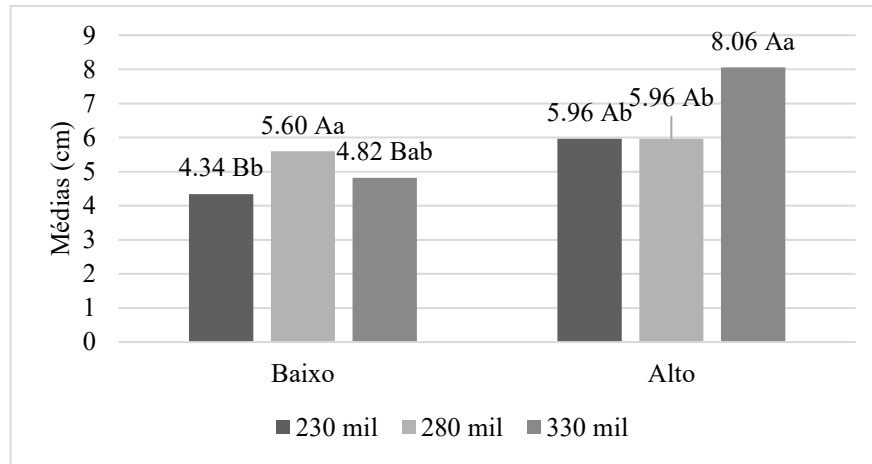
** Significativo a 1% de probabilidade; * Significativo a 5% de probabilidade; ns Não Significativo; GL = Graus de Liberdade.

⁽¹⁾ Médias seguidas de letras minúscula distintas na coluna, diferem significativamente entre si pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração própria.

Similar comportamento foi observado para o comprimento total de plântulas, com as melhores médias para 330 mil plantas ha⁻¹, na zona de alto e 280 mil plantas ha⁻¹, na zona de baixo potencial (Figura 14).

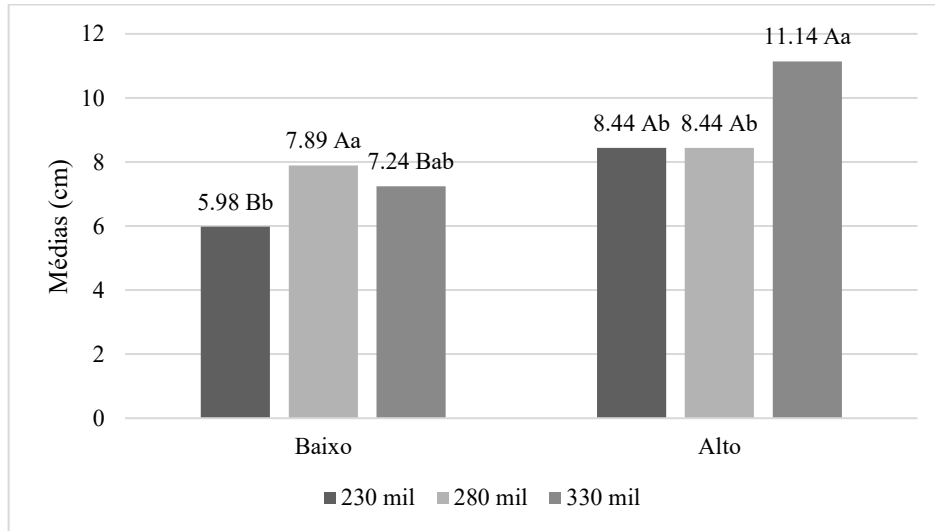
Figura 13. Valores de média (%) para a interação de potencial x densidade de plantas ha^{-1} para a variável comprimento de parte aérea de plântulas (cm) com 6 meses de armazenamento. Uberlândia, 2021.



⁽¹⁾ Médias seguidas de letras maiúsculas distintas diferem significativamente, teste Tukey a 5% de probabilidade, para um mesmo potencial. Médias seguidas de letras minúsculas diferem significativamente, teste Tukey a 5% de probabilidade, entre potenciais.

Fonte: Elaboração própria.

Figura 14. Valores de média (%) para a interação de potencial x densidade de plantas ha⁻¹ para a variável comprimento total de plântulas (cm) com 6 meses de armazenamento. Uberlândia, 2021.



⁽¹⁾ Médias seguidas de letras maiúsculas distintas diferem significativamente, teste Tukey a 5% de probabilidade, para um mesmo potencial. Médias seguidas de letras minúsculas diferem significativamente, teste Tukey a 5% de probabilidade, entre potenciais.

Fonte: Elaboração própria.

3.4.4 Teste de emergência e velocidade de emergência

A análise de variância para o teste de emergência, realizada aos 6 e 9 meses de armazenamento (Tabela 9), permitiu observar diferença significativa apenas para a FV potencial aos 6 meses. Para essa FV, o teste de médias mostrou-se superior para a zona de baixo potencial, e sem diferença em emergência para o tempo 9 meses. Cabe ressaltar os maiores valores de emergência observados para o tempo 9 meses.

De acordo com Braccini et al. (1994) e Schuab et al. (2006), o teste de emergência realizado em areia apresenta baixa sensibilidade na distinção do vigor entre sementes utilizadas em testes. Para os autores esse teste pode superestimar a qualidade fisiológica das sementes utilizadas, quando comparado ao teste de germinação. Resultado similar foi encontrado onde o teste de germinação (Tabela 6) estaria indicando que sementes advindas de zonas de alto potencial teriam também o maior vigor, contrário ao observado no teste de emergência.

Tabela 9. Resumo da análise de variância do teste de emergência (%) de plântulas de duas áreas de potencial (baixo e alto) e três populações (230, 280 e 330 mil plantas ha⁻¹), realizado 6 e 9 meses após a colheita. Uberlândia, 2021.

Fonte de Variação	GL	Emergência (%) 6 meses	Emergência (%) 9 meses
Potencial	1	640.67**	0.17 ^{ns}
População	2	41.17 ^{ns}	6.00 ^{ns}
Pot. * Pop.	2	76.17 ^{ns}	20.67 ^{ns}
Erro	18	47.67	22.61
Média		81.33	92.75
CV (%)		8.49	5.13
Teste de Médias – Potencial			
Baixo		87 a	93 a
Alto		76 b	93 a
Teste de Médias - Densidade de Plantas ha ⁻¹			
230 mil		84 a	92 a
280 mil		81 a	94 a
330 mil		80 a	92 a

** Significativo a 1% de probabilidade; * Significativo a 5% de probabilidade; ns Não Significativo; GL = Graus de Liberdade.

⁽¹⁾ Médias seguidas de letras minúscula distintas na coluna, diferem significativamente entre si pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração própria.

A partir do teste de emergência de plântulas são calculados o índice de velocidade e a velocidade de emergência das plântulas (Tabela 10). Para essas variáveis houve significância apenas na FV potencial, quando avaliado o índice de velocidade (IVE) aos 6 meses de armazenamento, com as maiores médias na zona de baixo potencial.

De acordo com os resultados da análise fisiológica, as sementes de maior vigor seriam as advindas da área de alto potencial (Tabela 7), pelo menos até certo tempo de armazenamento. No entanto, esses resultados diferem dos obtidos para o índice de velocidade de emergência (IVE) e velocidade de emergência (VE), ao indicar que as sementes de áreas de baixo potencial emergiriam mais rapidamente, sendo, portanto, mais vigorosas. De acordo com Schuch et al. (2000) e Melo et al. (2006), sementes de baixo vigor demoram mais tempo para germinar, além de possuírem maior desuniformidade em sua emergência. Spindelbock et al. (2013) constataram que uma forte pressão de seleção atua em resposta à germinação, resultando em uma série de estratégias para a sobrevivência e estabelecimento de mudas em lugares ou épocas que não são adequados (Spindelbock et al., 2013), as quais podem conferir uma vantagem seletiva, permitindo a germinação mais precoce.

Entretanto, Schuab et al. (2006), constataram falta de coerência entre os testes de germinação, emergência em areia e velocidade de emergência (VE). Com isso, destaca-se a importância da utilização de vários testes para análise da qualidade fisiológica das sementes e diferenciação lotes (TEKRONY; EGLI, 1977; KULIK; YAKLICH, 1982; MARCOS FILHO et al., 1984).

Tabela 10. Resumo da análise de variância do índice de velocidade (IVE) e velocidade de emergência (VE) de duas áreas de potencial (baixo e alto) e três populações (230, 280 e 330 mil plantas ha⁻¹) realizado 6 e 9 meses após a colheita. Uberlândia, 2021.

Fonte de Variação	6 meses			9 meses		
	GL	Quadrado Médio		GL	Quadrado Médio	
		IVE (s/unidade)	VE Dias		IVE (s/unidade)	VE Dias
Potencial	1	34.50**	0.12 ^{ns}	1	4.25 ^{ns}	0.06 ^{ns}
População	2	2.49 ^{ns}	0.07 ^{ns}	2	3.49 ^{ns}	0.18 ^{ns}
Pot. * Pop.	2	5.14 ^{ns}	0.11 ^{ns}	2	7.94 ^{ns}	0.10 ^{ns}
Erro	18	2.72	0.09	15	7.28	0.09
Média		13.20	3.53		20.69	2.59
CV (%)		12.49	8.65		13.04	11.85
Teste de Médias – Potencial						
Baixo		14.40 a	3.46 a		20.27 a	2.64 a
Alto		12.00 b	3.60 a		21.11 a	2.54 a
Teste de Médias - Densidade de Plantas ha ⁻¹						
230 mil		13.81 a	3.43 a		19.94 a	2.73 a
280 mil		13.06 a	3.61 a		20.93 a	2.60 a
330 mil		12.72 a	3.57 a		21.20 a	2.43 a

** Significativo a 1% de probabilidade; * Significativo a 5% de probabilidade; ns Não Significativo; GL = Graus de Liberdade.

⁽¹⁾ Médias seguidas de letras minúscula distintas na coluna, diferem significativamente entre si pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaboração própria.

A partir dos resultados obtidos, a zona de alto potencial se destaca com melhor qualidade fisiológica das sementes e vigor para a maioria dos atributos: plântulas normais fortes, sementes mortas, comprimento de parte aérea, radicular e de plântulas inteira. Enquanto, a zona de baixo potencial se destaca para os atributos emergência e índice de velocidade de emergência (IVE) até os 6 meses de armazenamento.

Em relação às densidades de plantas, na população de 280 mil plantas ha⁻¹ foram verificados os melhores resultados de plântulas normais e sementes mortas. Enquanto, que para 230 mil plantas ha⁻¹ foram registrados os piores resultados para plântulas normais,

plântulas anormais infectadas e sementes mortas. Por sua vez, os maiores comprimentos de parte aérea e radicular de plântula foram verificados na população de 330 mil plantas ha⁻¹.

Para a interação entre as FV, os melhores resultados foram com 330 mil plantas ha⁻¹ na ZM de alto potencial, dando origem a sementes de maior qualidade fisiológica. Já, a melhor qualidade fisiológica na ZM de baixo potencial foi registrada para a população de 280 mil plantas ha⁻¹.

De maneira geral, para o tempo de armazenamento 9 meses não foram observadas diferenças estatísticas na maioria dos testes, provavelmente devido à redução do vigor das sementes com o tempo. Assim, o ajuste da densidade populacional ao potencial existente para cada local do talhão é válido para a obtenção de campos de sementes com maior qualidade fisiológica. Garante-se assim, estande uniforme e plântulas mais vigorosas, com maior capacidade de resposta às adversidades no campo.

4. CONCLUSÃO

O uso de atributos com reduzida variabilidade temporal é viável para definição das ZM. Os dados permitiram validar a existência de regiões ou zonas de manejo (ZM) em relação à qualidade fisiológica das sementes.

Sementes de maior qualidade fisiológica estão mais presentes em zonas de alto potencial, principalmente quando utilizadas uma maior densidade populacional.

Sementes com alto vigor são obtidas em zonas de baixo potencial quando ajustada a densidade populacional visando reduzir a competição entre as plantas.

REFERÊNCIAS

- ADAMCHUK, V. I.; VISCARRA ROSSEL, R. A.; MARX, D. B.; SAMAL, A. K. Usando amostragem direcionada para processar dados multivariados de detecção de solo. **Geoderma**, v.163, p.63-73, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2011.04.004>. Acesso em: 05 jan. 2021.
- ALVES, S. M. de F.; ALCÂNTARA, G. R. de; REIS, E. F. dos; QUEIROZ, D. M. de; MAGALHÃES, D. S. Definição de zonas de manejo a partir de mapas de condutividade elétrica e matéria orgânica. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.29, n.1, p.104-114, jan./fev. 2013. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/13687>> Acesso em: 12 jan. 2021.
- ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F.; SANGOL, L. **Arranjo de plantas em milho**: análise do estado da arte. *Cienc. Rural* [online]. 2001, vol.31, n.6, p.1075-1084. ISSN 1678-4596. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782001000600027>. Acesso em: 12 jan. 2021.
- BARON, F.A.; CORASSA, G.M.JR.; FIORESI, D.; SANTI, A.L.; MARTINI, R.T.; KULCZYNSKI, S.M. Physiological quality of soybean seeds under different yield environments and plant density. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** [online]. 2018, v. 22, n. 4pp. 237-242. DOI: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n4p237-242>. Acesso em: 06 ago. 2021.
- BRACCINI, A.L.; REIS, M.S.; SEDIYAMA, C.S. & SEDIYAMA. Avaliação da qualidade fisiológica e sanitária da semente de genótipos de soja (*Glycine max* (L.) Merrill) com diferentes graus de impermeabilidade do tegumento. **Rev. Bras. Sem.**, Brasília, v. 16, n. 2, p. 195- 200, 1994. DOI: <https://doi.org/10.17801/0101-3122/rbs.v16n2p195-200> Acesso em: 06 ago. 2021.
- BRASIL. **Instrução normativa nº 45, de 17 de setembro de 2013**: Padrão para Produção e Comercialização de Sementes de Soja. Brasília: D.O.U., 2013. 38p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA: ACS, 2009. 395 p.
- COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – CQFS RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Porto Alegre, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul, 2004. 400p.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB, 12º Levantamento, set. 2020. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>> Acesso em: 03 jan. 2021.
- CORWIN, D. L.; LESCH, S. M. Apparent soil electrical conductivity measurements in agriculture. **Computers and Electronics in Agriculture**, Amsterdam, v.46, p.11-43, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2004.10.005> Acesso em: 21 jan. 2021.
- COSTA NETO, P. R.; ROSSI, L. F. S. Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em fritura. **Química Nova**, v.23, p. 4, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422000000400017> Acesso em: 28 jan. 2021.

CUNHA, J. P. A. R. da; OLIVEIRA, P. de; SANTOS, C. M. dos; MION, R. L. Qualidade das sementes de soja após a colheita com dois tipos de colhedora e dois períodos de armazenamento. **Ciência Rural**, v.39, p.1420-1425, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782009005000063> Acesso em: 01 ago. 2021.

DONAGEMA, G. K.; CAMPOS, D. V. B. de; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G.; VIANA, J. H. M. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, RJ: Embrapa Solos, 2011. 230 p.

EDMOND, J. B.; DRAPALA, W. J. The effects of temperature, sand and soil, and acetone on germination of okra seed. **Proceedings of American Society for Horticultural Science**, Geneva, v.71, p.428-434, 1958.

EMBRAPA SOJA. **Tecnologias de produção de soja** - região central do Brasil 2009 e 2010. Londrina: Embrapa Soja, 2008. 261 p. (Sistemas de Produção, 13). Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/471536>> Acesso em: 02 fev. 2020.

FARIAS, J. R. B.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N. **Ecofisiologia da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2007, 8p. (Circular técnica, 48). Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/470308>> Acesso em: 22 fev. 2021.

FERREIRA, D. F. Sisvar: um sistema computacional de análise estatística. **Ciênc. agrotecnologia**. v.35, p.1039-1042, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001> Acesso em: 22 jan. 2021.

GARCIA, A. Manejo da cultura da soja para alta produtividade. In: SIMPÓSIO SOBRE CULTURA E PRODUTIVIDADE DA SOJA, 1., 1991, Piracicaba. **Anais [...]** Piracicaba: Fealq, 1992. p. 213-235.

GAUDÊNCIO, C. A. A.; GAZZIERO, D. L. P.; JASTER, F.; GARCIA, A.; WOBETO C. **População de plantas no sistema de semeadura direta para o centro sul do estado do Paraná**. Comunicado Técnico 47. Londrina, Embrapa CNPSo, 1990. 4 p.

GAZOLLA-NETO, A.; CORREA, M. F.; DUARTE, A. G.; GADOTTI, G. I.; AMARAL, FRANCISCO V. Distribuição espacial da qualidade fisiológica de sementes de soja em campo de produção. **Revista Caatinga**, v.28, p.119-127, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21252015v28n314rc> Acesso em: 28 jul. 2021.

GOMES, F. P. Curso de estatística experimental. 14. ed. Piracicaba: Degaspari, 2000.

HANSEL, F. D.; OLIVEIRA, M. L. de. Importância dos micronutrientes na cultura da soja no Brasil. **Informações Agronômicas**, Internacional Plant Nutrition Institute, Brasil, n. 153, ISSN 2311-5904, março 2016, p.3. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/305659319_Importancia_dos_Micronutrientes_na_Cultura_da_Soja_no_Brasil#:~:text=Os%20micronutrientes%20essenciais%2C%20como%20oboro,plantas%2C%20quando%20comparados%20aos%20macronutrientes.&text=Sintomas>

%20de%20defici%C3%Aancia%20de%20mangan%C3%AAs%20em%20soja.> Acesso em: 20 jan. 2021.

HENNING, F. A.; MERTZ, L.M.; JUNIOR, E.A.J.; MACHADO, R.D.; FISS, G.; ZIMMER, P.D. Composição química e mobilização de reservas em sementes de soja de alto e baixo vigor. **Bragantia** [online]. 2010, v. 69, n. 3, pp. 727-734. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052010000300026> Acesso em: 06 ago. 2021.

HOBBS, P.R.; OBENDORF, R.L. Interaction of initial seed moisture and imbibitional temperature on germination and productivity of soybean. **Crop Science**, v.13, p.664-667, 1972. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci1972.0011183X001200050033x> Acesso em: 06 ago. 2021.

HÖFS, A.; SCHUCH, L. O. B.; PESKE, S. T.; BARROS, A. C. S. A. Efeito da qualidade fisiológica das sementes e da densidade de semeadura sobre o rendimento de grãos e qualidade industrial em arroz. **Revista Brasileira de Sementes**, v.26, n.1, p.55-62, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222004000200008> Acesso em: 06 ago. 2021.

KOLCHINSKI, E. M.; SCHUCH, L. O. B.; PESKE, S. T. Vigor de sementes e competição intra-específica em soja. **Ciência Rural**, v.35, n.6, p.1248-1256, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782005000600004> Acesso em: 07 ago. 2021.

KÖPPEN, W. **Climatologia: con un estudio de los climas de La tierra**. México: Fondo de Cultura Econômica, 1948. 479p.

KRZYŻANOWSKI, F. C.; FRANÇA NETO, J. B.; HENNING, A. A.; COSTA, N. arP. **A semente de soja como tecnologia e base para altas produtividades - Série sementes**. Londrina: Embrapa Soja, 2008. 8p. (Circular Técnica, 55).

KULIK, M.M.; YAKLICH, R.W. Evaluation of vigor tests in soybean seeds: relationship of accelerated aging, cold, sand bench and speed of germination tests to field performance. **Crop Sci.**, Madison, v. 22, n. 4, p. 766-770, 1982. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci1982.0011183X002200040016x> Acesso em: 08 ago. 2021.

MACHADO, R. F. **Desempenho de aveia – branca (Avena sativa L.) em função do vigor de sementes e população de plantas**. 2002. 46f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Sementes) – Curso de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de sementes, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2002.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v.2, n.1, p.176-177, 1962. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x> Acesso em: 06 ago. 2021.

MARCHIORI, L. F. S.; CAMARA, G. M. S.; PEIXOTO, C. P.; MATINS, M. C. Desempenho vegetativo de cultivares de soja em [Glycine max (L.) Merrill] em épocas normal e safrinha. **Scientia Agrícola**, v. 56, n. 2, p. 383-390, 1999. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-90161999000200018> Acesso em: 06 ago. 2021.

MARCOS FILHO, J.; PESCARIN, H. M. C.; KOMATSU, Y. H.; DEMETRIO, C. G. B.; FANCELLI, A. L. Testes para avaliação do vigor de sementes de soja e suas relações com a

emergência das plântulas no campo. **Pesq. Agropecu. Bras.**, Brasília, v. 19, n. 5, p. 605-613, 1984.

MATTIONI, N. M.; SCHUCH, L. O. B.; VILLELA, F. A.; ZEN, H. D.; MERTZ, L. M. Fertilidade do solo na qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.8, p.656-661, 2013. DOI: <https://doi.org/10.5039/agraria.v8i4a3495>
Acesso em: 06 ago. 2021.

MELO, B. M. R. de.; PAGLIS, C. M.; OLIVEIRA, M. S. de.; TEIXEIRA, M. B. R.; SILVA, J. S. M. da.; LIMA, D. F. F. Zonas de manejo em função de propriedades de solo, relevo e produtividade da lavoura cafeeira. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v.9, n.2, p.1, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v9n22017924> Acesso em: 20 jan. 2021.

MELO, P.T.B.S.; SCHUCH, L.O.B.; ASSIS, F.N.; CONCENÇO, G. Comportamento individual de plantas originadas de sementes com diferentes níveis de qualidade fisiológica em populações de arroz irrigado. **Revista Brasileira de Sementes**, v.28, p.84-94, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222006000200011> Acesso em: 06 ago. 2021.

MILANI, L.; SOUZA, E. G. DE; URIBE-OPAZO, M. A.; GABRIEL FILHO, A.; JOHANN, J. A.; PEREIRA, J. O. Unidades de manejo a partir de dados de produtividade. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.28, n.4, p.591-598, 2006. DOI: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v28i4.937> Acesso em: 05 jan. 2021.

MONDO, V.H.V.; GOMES JUNIOR, F.G.; PINTO, T.L.F.; MARCHI, J.L. de; MOTOMIYA, A.V. de A.; MOLIN, J.P.; CICERO, S.M. Variabilidade espacial da fertilidade do solo e sua relação com a fisiologia da semente potencial em uma área de produção de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v.34, p.193-201, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbs/a/HFMkqFZbsdqG9qsxQTZsQFD/?lang=en> Acesso em: 06 ago. 2021.

MOORE, S.H. Uniformity of planting spacing effect on soybean population parameters. **Crop Science**, Madison, v.31, n.4, p.1049-1051, 1991. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci1991.0011183X003100040041x> Acesso em: 06 ago. 2021.

NAKAGAWA, J.; ROSOLEM, C. A.; MACHADO, J. R. Efeito da densidade de plantas sobre o comportamento de dois cultivares de soja. **Revista de Agricultura**, v. 61, n. 3, p. 277-290, 1986.

NUNES, J. N. **Produtividade e qualidade de sementes de soja em diferentes zonas de manejo e densidade de plantio**. Trabalho de Conclusão de Curso em Agronomia - Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia – MG, p.26. 2021.

PEREIRA, G. W.; VALENTE, D. S. M.; QUEIROZ, D. M.; COELHO, A. L. F.; HURTADO, S. M. C. **The Smart-Map Plugin**, v. 1.0, 2020.

QGIS Development Team. **QGIS Geographic Information System**. OpenSource Geospatial Foundation Project. 2015.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo & Fundação IAC, 1996. 285 p. (Boletim Técnico, 100).

RESULTADO - ANO 2012. **ABRASEM**, Brasília. Estatísticas. Disponível em: <<http://www.abrasem.com.br/estatisticas/#>> Acesso em: 04 jan. 2021.

RESULTADO - ANO 2019. **ABRASEM**, Brasília. Estatísticas. Disponível em:<<http://www.abrasem.com.br/estatisticas/#>> Acesso em: 04 jan. 2021.

REZENDE, P.M.; VIEIRA, M.G.G.C.; FRAGA, A.C.; FAVORETTO, C.R.S. Efeitos da densidade de plantas sobre a produção, qualidade das sementes e outras características da soja [*Glycine max* (L.) Merrill]. **Revista Ciência e Prática**, Lavras, v.9, n.1, p.39-47, 1985.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em minas gerais: 5ª aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359p.

ROCHA G. C.; NETO, A. R.; CRUZ, S. J. S.; CAMPOS, G. W. B.; CASTRO, A. C. de O.; SIMON, G. A. Qualidade fisiológica de sementes de soja tratadas e armazenadas. **REVISTA CIENTÍFIC@**, v.1, p.50-65, 2017.

RONQUIM, C. C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010, 26 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 8). Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/31004/1/BPD-8.pdf>> Acesso em: 22 fev. 2021.

SANTOS, F. S. **Seleção de variáveis e definição de zonas de manejo para agricultura de precisão**. 2017. 66 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2017. Disponível em: <<https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/20433/1/texto%20completo.pdf>>. Acesso em: 19 jan. 2021.

SCHEEREN, B. R.; PESKE, S. T.; SCHUCH, L. O. B.; BARROS, A. C. A. Qualidade fisiológica e produtividade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v.32, p.35-41, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222010000300004> Acesso em: 07 ago. 2021.

SCHUAB, S. R. P.; BRACCINI, A. L. de; NETO, J. de B. F.; SCAPIM, C. A.; MESCHÉDE, D. K. Potencial fisiológico de sementes de soja e sua relação com a emergência das plântulas em campo. **Acta Sci. Agron.**, Maringá, v. 28, n. 4, p. 553-561, Oct./Dec., 2006. DOI: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v28i4.928> Acesso em: 07 ago. 2021.

SCHUCH, L.O.B.; NEDEL, J.L; MAIA, M.S.; ASSIS, F.N. de. Vigor de sementes e análise de crescimento de aveia-preta. **Scientia Agricola**, v.57, p.305-312, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-90162000000200018> Acesso em: 06 ago. 2021.

SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627 p.

SMIDERLE, O. J.; CÍCERO, S. M. Tratamento inseticida e qualidade de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, v.20, n.2, p. 462-469, 1998. DOI: <https://doi.org/10.17801/0101-3122/rbs.v20n2p223-230> Acesso em: 21 jan. 2021.

SPINDELBOCK, J. P.; COOK, Z.; DAWS, I. M.; HEEGARD, E.; MAREN, I.E. VANDVIK, V. Conditional cold avoidance drives between-population variation in germination behaviour in *Calluna vulgaris*. **Annals of Botany**, 112(5):801-810, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1093/aob/mct142> Acesso em: 25 ago. 2021.

TEKRONY, D.M.; EGLI, D.B. Relationship between laboratory indices of soybean seed vigor and field emergence. **Crop Sci.**, Madison, v. 17, n. 4, p. 573-577, 1977. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci1977.0011183X001700040023x> Acesso em: 07 ago. 2021.

TEY, Y. S; BRINDAL, M. Factors influencing the adoption of precision agricultural technologies: a review for policy implications. **Precision Agriculture**, v.13, p.713-730, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11119-012-9273-6> Acesso em: 09 jan. 2021.

UMBELINO, A. da S.; OLIVEIRA, D. G. de; MARTINS, M. P. de O.; REIS, E. F. dos. Definições de zona de manejo para soja de alta produtividade. **Rev. de Ciências Agrárias**, v.41, n.3. Lisboa set. 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.19084/RCA18092> Acesso em: 21 jan. 2021.

VANZOLINI, S.; CARVALHO, N.M. Efeito do vigor de sementes de soja sobre o seu desempenho em campo. **Revista Brasileira de Sementes**, v.24, p.33-41, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222002000100006> Acesso em: 06 ago. 2021.

VÁZQUEZ, G.H.; CARVALHO, N.M. DE; BORBA, M.M.Z. Redução na população de plantas sobre a produtividade e a qualidade fisiológica da semente de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v.30, p.1-11, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222008000200001> Acesso em: 06 ago. 2021.

VIEIRA FILHO, J. E. R. Transformações históricas e padrões tecnológicos da agricultura brasileira. In: Buainain, A. M. et al. **O mundo rural no Brasil do século 21: a nova formação de um novo padrão agrário e agrícola**. Brasília, DF: Embrapa. 2014.