

UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI
Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal
Mateus Aparecido Vitorino Gonçalves de Oliveira

DESEMPENHO AGRONÔMICO E QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES
DE SOJA EM FUNÇÃO DA SEMEADURA EM TAXA VARIÁVEL

Unai
2024

Mateus Aparecido Vitorino Gonçalves de Oliveira

**DESEMPENHO AGRONÔMICO E QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES
DE SOJA EM FUNÇÃO DA SEMEADURA EM TAXA VARIÁVEL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como requisito para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Anderson Barbosa Evaristo
Coorientador: Prof. Dr. Fabrício da Silva Terra

**Unai/MG
2024**

Catálogo na fonte - Sisbi/UFVJM

048 Oliveira, Mateus Aparecido Vitorino Gonçalves de
2024 Desempenho agrônomo e qualidade fisiológica de sementes
de soja em função da semeadura em taxa variável [manuscrito] /
Mateus Aparecido Vitorino Gonçalves de Oliveira. -- Unaí,
2024.
84 p. : il.

Orientador: Prof. Anderson Barbosa Evaristo.
Coorientador: Prof. Fabrício da Silva Terra.

Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) -- Universidade
Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Programa de Pós-
Graduação em Produção Vegetal, Unaí, 2024.

1. agricultura de precisão. 2. densidade de semeadura. 3.
rendimento de sementes de soja. 4. vigor de sementes. 5. zonas
de manejo. I. Evaristo, Anderson Barbosa . II. Terra, Fabrício
da Silva. III. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha
e Mucuri. IV. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFVJM com os
dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Este produto é resultado do trabalho conjunto entre o bibliotecário Rodrigo Martins Cruz/CRB6-
2886
e a equipe do setor Portal/Diretoria de Comunicação Social da UFVJM


Mateus Aparecido Vitorino Gonçalves de Oliveira

**DESEMPENHO AGRONOMICO E QUALIDADE FISIOLÓGICA DE
SEMENTES DE SOJA EM FUNÇÃO DA SEMEADURA EM TAXA VARIÁVEL**


Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Produção Vegetal da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como requisito para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Anderson Barbosa Evaristo


Data de aprovação 26 /02/2024.

Documento assinado digitalmente
 **HUGO CESAR RODRIGUES MOREIRA CATÃO**
Data: 02/05/2024 13:47:18-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Hugo César Rodrigues Moreira Catão
Instituto de Ciências Agrárias - UFU

Documento assinado digitalmente
 **MARCELA CARLOTA NERY**
Data: 30/04/2024 21:25:06-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof.^a Dr.^a Marcela Carlota Nery
Faculdade de Ciências Agrárias - UFVJM

Documento assinado digitalmente
 **ANDERSON BARBOSA EVARISTO**
Data: 30/04/2024 17:21:10-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Anderson Barbosa Evaristo
Instituto de Ciências Agrárias - UFVJM

Unai/MG

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus, pela saúde e disposição que me permitiram a realização deste trabalho.

A minha esposa Mariana Bueno, por tudo que ela fez por mim até hoje, e pela grande contribuição nesse trabalho.

Aos meus pais pelo apoio e ajuda durante todo o mestrado e pela compreensão na ausência de alguns compromissos de família.

Aos meus irmãos que também foram fundamentais nessa conquista.

A minha família pelo apoio.

Ao meu orientador professor Anderson Barbosa Evaristo pela oportunidade que ele me deu de trabalhar com ele, pelos ensinamentos e por ele ser exemplo de profissional.

Ao meu coorientador professor Fabricio Terra pelos ensinamentos e contribuição no meu trabalho.

Aos proprietários do Grupo BJ Agrícola, Edgair Martins e Alessandra Folador, aos gerentes Paulo Soriano e Frederico, e aos colaboradores da fazenda pela oportunidade de realizar esta pesquisa nas dependências da Fazenda Bom Jesus, além do apoio financeiro, estrutural e mão-de-obra disponibilizada para condução da pesquisa.

Aos professores da UFVJM, Adalfredo (Bronso), Sergio Macedo, Paulo Barbosa, Marcos Alvarenga, Marcela Nery, José Barbosa e Maria do Céu, por terem me passado o conhecimento que eles adquiriram com o tempo, por terem paciência e compreensão nos momentos difíceis.

Aos professores membro da banca, Dr. Hugo Catão e Dra. Marcela Nery pela contribuição valiosa durante a avaliação do trabalho.

Aos amigos que fiz na UFVJM, Tharles de Almeida, Elaine Gomes, Beatriz Hashimoto, Rayane Gonzaga, Paulo Ricardo e Alessandro Ulrich, levarei essa amizade pelo resto da vida, pois passamos muito tempo juntos e compartilhamos dos mesmos sonhos.

Aos colegas da pós-graduação da UFVJM Norton Castro e Yara Amaral e ao técnico Igor Alexandre pela ajuda com as análises laboratoriais.

Ao programa de Pós-graduação em Produção Vegetal da UFVJM pelo suporte. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Agradeço também à todos que de uma alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

A todos vocês, minha eterna gratidão.

RESUMO GERAL

A produção e exportação de soja no Brasil cresce a cada ano principalmente devido aos avanços genéticos e ao aumento do controle de qualidade das sementes, além dos avanços nos sistemas de manejo e produção de grãos e sementes de soja. Para atender a demanda de produção de grãos em extensas áreas cultivadas em todo o país é necessário um robusto sistema de produção de sementes. Este setor apresenta altos níveis de tecnologias para atender aos agricultores, promovendo uma considerável geração de emprego e renda no país. Uma das tecnologias atuais implantadas em sistemas de produção de sementes é a semeadura em taxa variada. Por ser uma técnica recentemente utilizada em campos de produção de semente, faz-se necessário avaliar o impacto desta tecnologia nos componentes de rendimento da soja, bem como na qualidade fisiológica da semente. Nesse sentido, objetivou-se com este trabalho avaliar os parâmetros morfológicos e os componentes de rendimento de plantas de soja em função da semeadura em taxa variável em diferentes zonas de manejo em campo de produção de semente e a sua influência na qualidade fisiológica das sementes de soja. A pesquisa de campo foi conduzida em uma área comercial de produção de sementes de soja situada na região de Unai/MG. A cultivar de soja M6210 IPRO foi cultivada sob sistema de cultivo direto e irrigação por pivô central na safra 2021/22. A semeadura foi realizada em taxa variável de sementes, utilizando semeadora de precisão no espaçamento de 0,50 m entre linhas. Para cada taxa de semeadura foi atribuída uma zona de manejo (ZM) na área, dessa forma foram atribuídos 5 ZM, sendo a ZM 1 o ambiente de maior potencial produtivo até a ZM 5 o ambiente de menor potencial produtivo. Em cada ZM foi instalado um experimento em blocos casualizados com cinco tratamentos equivalentes às taxas de semeadura (15,5, 16,0, 16,5, 17,5 e 19,5 sementes por metro linear, equivalente a: 310, 320, 330, 350 e 390 mil plantas por hectare), em quatro repetições. Ao longo do cultivo e após a colheita da soja foram realizadas coletas de solo para determinação da textura, teor de matéria orgânica, densidade aparente e densidade de partículas do solo para cada ZM. Foram avaliados parâmetros morfológicos das plantas de soja (diâmetro de hipocótilo, altura de planta e altura de inserção da primeira vagem), e componentes de rendimento (estande inicial e final, número de hastes laterais produtivas, número de nós na haste principal, número de vagens por planta, número de sementes por vagem, massa de mil sementes e produtividade). Os testes de qualidade fisiológica das sementes foram realizados um mês após a colheita e após nove meses de armazenamento. Para determinar a qualidade fisiológica das sementes de soja foram realizados os testes de germinação, tetrazólio, envelhecimento acelerado e condutividade elétrica. Independente da taxa de semeadura, as plantas provenientes da ZM 3 (ambiente de médio potencial produtivo, com solo de textura franco-argilosa-arenosa e maiores teores de matéria orgânica na profundidade 0-20 cm) apresentaram as maiores médias de diâmetro do hipocótilo, número de vagens por planta e número de nó. Observou-se que a viabilidade e o vigor das sementes de soja são influenciados pelos ambientes nos quais elas foram produzidas. Zonas de manejo com solo argilo-arenoso e franco argilo-arenoso (acima 30% argila) com teores de matéria orgânica acima 1,8% produzem sementes de maior qualidade fisiológica. A definição de ambientes de produção com diferenciação em zonas de manejo pode proporcionar a produção de sementes de alta qualidade fisiológica utilizando menor quantidade de sementes na semeadura dos campos de semente de soja.

Palavras-chave: agricultura de precisão; densidade de semeadura; rendimento de sementes de soja; vigor de sementes; zonas de manejo.

GENERAL ABSTRACT

Brazilian soybean production and exportation have grown every year due to genetic advances, increased seed quality control, advances in soybean grain and seed management and production systems, among others. To produce grain in extensive cultivated areas in Brazil, it is necessary a robust seed production system. This sector demands high levels of technology, besides promoting employment and revenue for the country. One of the current technologies in seed production systems is the variable sowing rate. For being a recently used technique in seed production fields, it is necessary to evaluate its impact on soybean yield components, as well as the physiological quality of the seeds. The present study aimed to evaluate the morphological parameters and yield components of soybean plants as a function of the variable rate sowing in different management zones (MZ) in seed production fields and their influence on soybean seeds physiological quality. Field research was performed in a commercial soybean seed production farm located in Unaí city, Minas Gerais state, Brazil. The M6210 IPRO soybean cultivar was grown in a non-tillage cultivation system irrigated through central pivot in the 2021/22 harvest. Sowing was carried out at a variable seed rate, using a precision seeder adjusted to 0.50 m between rows. Each seeding rate was assigned to one among five MZ, where MZ 1 was characterized as the highest yield potential and the MZ 5 as the zone with the lowest productive potential. For each MZ there was established an experiment in a randomized block design with five treatments represented by the seeding rates (15.5, 16.0, 16.5, 17.5 and 19.5 seeds per linear meter, which corresponded to 310, 320, 330, 350 and 390 thousand plants per hectare, respectively), and four replicates. Throughout the cultivation and after the soybean harvest, soil samples were taken to determine the texture, organic matter content, and the apparent and particle density of the soil. There were also evaluated some morphological (diameter of hypocotyl, plant height and the first pod insertion height), and yield (initial and final stand, number of productive lateral stems, number of nodes on the main stem, number of pods per plant, number of seeds per pod, weight of one thousand seeds and yield) components of the soybean plants from each MZ. Seeds were subjected to physiological quality tests (germination, tetrazolium, accelerated aging, and electrical conductivity) by one month after harvest and nine months of storage. Regardless of the seeding rate, plants from MZ 3 (medium yield potential, clayey-sandy texture and higher organic matter content at depth 0-20 cm) exhibited the greatest values of hypocotyl diameter, number of pods per plant and node number. The viability and vigor of soybean seeds are influenced by the MZ where they were produced. Management zones that presented a sandy-clay texture and sandy-clay-loam (above 30% clay) with organic matter contents above 1.8%, produced seeds with better physiological quality. The division of production fields in MZs can yield high physiological quality seeds, using fewer seeds per area unit.

Keywords: precision agriculture; seeding density; grain yield; soybean seed yield; management zones.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	8
REFERÊNCIAS	14
CAPÍTULO I.....	19
RESUMO	20
ABSTRACT	21
1. INTRODUÇÃO.....	22
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	24
2.1. Caracterização do solo nas zonas de manejo.....	27
2.2. Avaliação dos parâmetros morfológicos das plantas de soja	30
2.3. Avaliação dos componentes de rendimento	30
2.4. Delineamento experimental e análise estatística	31
2.4.1. Análise estatística	32
3. RESULTADOS	33
3.1. Atributos do solo nas diferentes zonas de manejo.....	33
3.2. Parâmetros morfológicos e componentes de rendimento da soja	34
4. DISCUSSÃO	40
4.1. Atributos do solo nas diferentes zonas de manejo.....	40
4.2. Parâmetros morfológicos e componentes de rendimento da soja	41
5. CONCLUSÕES	46
REFERÊNCIAS	47
CAPÍTULO II.....	53
RESUMO	54
ABSTRACT	55
1. INTRODUÇÃO.....	56
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	58
2.1. Teste de Germinação (G).....	59
2.2. Teste de Tetrazólio (TZ).....	59
2.3. Teste de Envelhecimento Acelerado (EA)	59
2.4. Teste de Condutividade Elétrica (CE)	60
2.5. Delineamento experimental e análise estatística	61
2.5.1 Análise estatística	61
3. RESULTADOS	62

3.1. Qualidade fisiológica de sementes de soja com um mês de armazenamento	62
3.2. Qualidade fisiológica da semente aos nove meses de armazenamento	63
4. DISCUSSÃO	66
4.1. Qualidade fisiológica das sementes de soja após um mês de armazenamento	66
4.2. Qualidade fisiológica das sementes de soja após nove meses de armazenamento	69
5. CONCLUSÕES	73
REFERÊNCIAS	74
6. CONCLUSÕES GERAIS	82
ANEXO 1	83

INTRODUÇÃO GERAL

A soja, *Glycine max* (L.) Merrill, se destaca como uma das principais e mais versáteis espécies vegetais cultivadas no mundo, principalmente devido a composição química dos seus grãos que contém de 19% a 26% de óleo e 32% a 41% de proteínas (MANDARINO *et al.*, 2018). Essas características da composição dos grãos contribuem para seu uso na alimentação humana, para formulação de rações para animais de criação e pets, para a fabricação de cosméticos, produtos de limpeza, removedores de tintas, biocombustíveis dentre vários outros usos (HARTMAN *et al.*, 2011).

Originária do continente Asiático, mais precisamente da China (SEDIVY *et al.*, 2017), a soja foi experimentalmente cultivada no Brasil pela primeira vez no final do século XIX no município de Cruz das Almas, Bahia (LEAL, 1967). Na época, as variedades cultivadas no mundo não estavam adaptadas ao clima tropical e baixa latitude (12°S) típicos do estado da Bahia, o que levou ao insucesso do cultivo (GAZZONI; DALL'AGNOL, 2018).

Segundo Goldsmith (2008), a produção e utilização da soja no Brasil foi impulsionada a partir da década de 1950, quando pesquisadores americanos, empenhados em encontrar uma fonte proteica de alta qualidade para os avicultores do sul dos Estados Unidos, desenvolveram variedades de soja adaptadas a baixas latitudes e climas mais quentes. Estas variedades foram introduzidas nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná (SCHNEPF *et al.*, 2001), os quais passaram a representar, ao final da década de 1960, o berço da indústria da soja brasileira (GOLDSMITH, 2008).

Na década de 1980, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), intensificou as pesquisas para desenvolver variedades adaptadas a latitudes ainda menores (entre 15°S e 5°N), permitindo cultivá-las no bioma Cerrado caracterizado por terras planas (cerca de 207 milhões de hectares), vegetação esparsa facilmente removível e período chuvoso previsível (GOLDSMITH, 2008). Desde então, a área cultivada, produção e produtividade da soja no Brasil tem crescido significativamente. De 1980 a 2023 (43 anos), a área cultivada cresceu em torno de 503% (saindo de 8,7 para 44 milhões de hectares), a produção 1038% (de 14,9 para 154,6 milhões de toneladas) e a produtividade média 206% (de 1.700 para 3.507 Kg ha⁻¹) (CONAB, 2024a; CONAB, 2024b).

Para a safra 2023/24 a área cultivada com soja foi de 45,2 milhões de hectares (aumento de 2,6% em relação à safra 2022/23), e estima-se uma produção de 146,5 milhões de toneladas (redução de 5,24% em relação à safra passada) e produtividade média de 3.239 kg ha⁻¹ (2,3% a menos em relação à safra anterior). Apesar do aumento da área plantada, a queda na produção

e produtividade são esperadas em função das irregularidades climáticas que atingiram quase todo o país na safra 2023/24 em virtude da decorrência *El Niño* (CONAB, 2024).

Nos últimos vinte anos, a produção e exportação de soja no Brasil, apresentou um expressivo crescimento (FIGUEIRA; GALACHE, 2023), e a cada ano sua produção aumenta principalmente devido aos avanços genéticos e o aumento do controle de qualidade das sementes, à melhoria dos métodos de armazenamento e tratamento de sementes (PERIGO et al., 2022; MARCOS-FILHO, 2015; KRZYZANOWSKI et al., 2018), além dos avanços nos sistemas de manejo e produção de grãos e sementes de soja.

Para atender a demanda de produção de grãos em extensas áreas cultivadas em todo país são necessários um robusto sistema de produção de sementes. Este setor atualmente apresenta altos níveis de tecnologias para atender os agricultores promovendo uma considerável geração de emprego e renda no país. Desde a safra 2020/21 até a primeiras estimativas para a safra 2023/24, o setor teve um crescimento na ordem de 57% (FORBES, 2023). Esse crescimento se dá principalmente pelo aumento anual de áreas de produção de semente e aumento no custo com aquisição dessas sementes. O faturamento do setor de sementes de soja na safra 2022/23 foi em torno de 24,5 bilhões de reais (FORBES, 2023). Tal faturamento só não é maior devido ao uso de sementes ilegais, fora do sistema de oficial de produção de sementes, que representa aproximadamente 30% das sementes utilizadas (SNA, 2023; ABRASEM, 2020)

Para obtenção de altas produtividades de grãos, a qualidade das sementes desempenha um papel fundamental, pois sementes de maior qualidade tendem a gerar campos mais produtivos (SCHEEREN et al., 2010). Vários fatores interferem na qualidade fisiológica de uma semente como: características genéticas da espécie, incidência de pragas e doenças, danos mecânicos durante as operações de semeadura e/ou colheita, fatores ambientais presentes durante o desenvolvimento da cultura, colheita, processamento e armazenamento da semente além do tempo de armazenamento (KRZYZANOWSKI et al., 2018; FRANÇA-NETO et al., 2016; GRIS et al., 2010). A redução da qualidade das sementes pode reduzir a porcentagem de germinação, reduzir o vigor das plântulas e aumentar o número de plântulas anormais (TOLEDO et al., 2009), o que consequentemente pode comprometer negativamente os componentes de rendimento da soja (altura de planta, número de vagens e grãos por vagens dentre outros).

Portanto, o cuidado com manejo em campos de produção de sementes de soja deve ser redobrado, principalmente durante a operação de semeadura, a qual é uma das etapas mais importantes de um sistema de produção agrícola.

Uma das práticas de manejo que pode impactar significativamente os componentes de rendimento da soja é o arranjo espacial no momento da semeadura (BALBINOT JÚNIOR *et al.*, 2015). Este pode ser alterado em relação a densidade de plantas e ao espaçamento entre as linhas de cultivo (FERREIRA *et al.*, 2019). Em virtude das alterações morfofisiológicas que ocorrem nas plantas, o arranjo espacial pode afetar a velocidade de fechamento entre linhas, a produção de fitomassa, a arquitetura das plantas, a incidência de pragas e plantas daninhas, a severidade de doenças, o acamamento e a produtividade da cultura (FERREIRA *et al.*, 2019; GARCIA *et al.*, 2017; SOARES *et al.*, 2017; BALBINOT JÚNIOR *et al.*, 2015;).

Atualmente, na maioria dos campos de produção de sementes de soja na região central do Brasil, são adotados espaçamentos de 0,5 m entre linhas de cultivo, principalmente pela facilidade do manejo e regulagem de máquinas, uma vez que, geralmente estas áreas fazem sucessão com milho grão ou milho semente, dessa forma a regulagem das linhas da semeadora se mantém as mesmas. Em geral, as maiores alterações em arranjos de plantas acontecem na densidade de sementes que serão depositadas no solo (número de sementes/m²).

Algumas pesquisas têm buscado ajustar a melhor população de plantas de forma a potencializar a produtividade dos genótipos de soja. Cox *et al.* (2010) ao avaliar três taxas de semeadura (358, 469 e 580 mil sementes ha⁻¹) em soja verificaram que a produtividade na menor e maior densidade não diferiram entre si. Uma menor densidade de plantas com o mesmo rendimento de uma maior densidade, sinaliza ao produtor a possibilidade de economia na aquisição de sementes e outros insumos, como inoculantes, micronutrientes, fungicidas e inseticidas utilizados no tratamento das sementes (BALBINOT JUNIOR *et al.*, 2015).

Na região centro sul dos Estados Unidos, Thompson *et al.* (2015), avaliaram a densidade populacional ótima de soja considerando, a taxa de semeadura (60 a 593 mil sementes ha⁻¹), o espaçamento entre linhas (38 e 76 cm) e o grupo de maturação (III, IV e V). Seus resultados demonstraram que o rendimento das cultivares não aumentou com o aumento da densidade populacional de plantas. No Rio Grande do Sul, Ludwig *et al.* (2011), testaram três densidades populacionais (250, 400 e 550 mil plantas ha⁻¹) para cultivares de soja convencionais e tolerantes ao herbicida glyphosate. Os autores também verificaram que no geral o aumento da população de plantas não afetou a produtividade das cultivares.

Em contrapartida, em um estudo com três cultivares de soja e cinco densidades de semeadura (200, 300, 400, 500 e 600 mil plantas ha⁻¹) no estado do Piauí, os melhores rendimentos foram obtidos nas menores densidades avaliadas (200 e 300 mil plantas ha⁻¹) (PETTER *et al.*, 2016). Ferreira *et al.* (2019) testaram o efeito de quatro espaçamentos entre fileiras (0,2 m [reduzido], 0,2/0,8 m [duplas], 0,5 m [cruzado] e 0,5 m [tradicional]) e três

densidades de semeadura (150, 300 e 450 mil sementes ha⁻¹) sobre os componentes de rendimento de duas cultivares de soja durante duas safras no estado do Paraná. O espaçamento tradicional de 0,5 m entre linhas e a maior densidade de 450 mil sementes ha⁻¹ propiciaram os maiores rendimentos das cultivares.

Apesar de controversos, estes resultados demonstram que a soja apresenta alta plasticidade fenotípica. Quando cultivada em arranjos de baixa densidade, plantas de soja podem emitir maior quantidade de ramos e formar hastes mais robustas para aumentar o número de vagens por planta (BALBINOT JUNIOR *et al.*, 2015; COX *et al.*, 2010;). Plantas em baixas populações tendem a ser menores, apresentar mais hastes e produzir mais vagens nos ramos laterais, ao invés da haste principal (EPLER; STAGGENBORG, 2008), além de apresentar menor altura de inserção da primeira vagem (EPLER; STAGGENBORG, 2008; HOEFT *et al.*, 2000). Assim, o número final de plantas por área influencia diretamente o rendimento das plantas de soja (EPLER; STAGGENBORG, 2008; COX; CHERNEY, 2011).

A busca pela população ótima de plantas tem levado muitos agricultores a adotarem a Semeadura em Taxa Variável (STV) (HAMMAN *et al.*, 2021). A STV é uma tecnologia da agricultura de precisão (AP) que objetiva adequar a taxa de semeadura de acordo com a variabilidade do solo, do terreno, das condições meteorológicas dentre outros fatores. A STV pode proporcionar melhor aproveitamento das características variáveis do solo como a capacidade de armazenamento de água e fertilidade, além de aumentar o rendimento das culturas, reduzindo o consumo de sementes. A germinação das sementes, o desenvolvimento das culturas e o potencial de rendimento podem variar em diferentes áreas de um campo e, portanto, a STV é uma forma de vincular as quantidades de sementes a uma área específica do campo. Ao implementar práticas de STV, os agricultores podem gerir melhor os riscos agrícolas e concentrar-se mais no investimento em áreas com maior potencial de retorno (ŠARAUSKIS *et al.*, 2022).

A AP se baseia na observação, mensuração e respostas à variabilidade natural das áreas de cultivo, as quais requerem tratamentos diferenciados, ao invés de serem tratadas uniformemente (LINDBLOM *et al.*, 2017). O conhecimento da variabilidade de um campo pode ser adquirido por meio de técnicas de amostragem georreferenciada de solo (TIGHE *et al.*, 2018; COLAÇO; MOLIN, 2017; NANNI *et al.*, 2011) e utilização de sensores que medem, por exemplo, a condutividade elétrica do solo (CE) (MOLIN; TAVARES, 2019; FARIAS *et al.*, 2018; TARR *et al.*, 2003). Utilizando softwares e hardwares específicos, a AP permite além de mensurar os atributos físico-químicos do solo (teor de argila, matéria orgânica, CE, teor de água e nutrientes), separar a área de cultivo em Zonas de Manejo (ZM) mais homogêneas (SILVA

et al., 2022). ZMs são definidas como áreas relativamente homogêneas e uniformes dentro de um campo de produção, que podem orientar a gestão agrícola para melhorar o rendimento e a eficiência dos fatores de produção (BREUNIG *et al.*, 2020). Assim, a AP pode otimizar a utilização das áreas agricultáveis, melhorar o manejo dos insumos agrícolas, aumentar a rentabilidade das culturas, reduzir as perdas de produção e contribuir para preservação o meio ambiente (BIER; SOUZA, 2017; LINDBLOM *et al.*, 2017; ŠARAUSKIS *et al.*, 2022).

O primeiro trabalho extensivo envolvendo STV foi conduzido em 170 campos de produção de milho, entre os anos de 1987 e 1996, na região centro oeste dos Estados Unidos (BULLOCK *et al.*, 1998). Tais autores enfatizam que este sistema de plantio é guiado por mapas que indicam o potencial produtivo ou a qualidade das várias porções que compõem a área de cultivo, permitindo assim controlar a densidade de plantas dentro de cada porção. Este estudo envolveu 42.000 unidades experimentais e concluiu, à época, que a implementação da STV não seria economicamente viável para a maioria dos produtores de milho em virtude dos altos custos com equipamentos e serviços. Ao longo do tempo, a tecnologia foi sendo aprimorada e se tornou mais acessível, de modo que em 2017 já era adotada por 60% dos agricultores americanos com áreas de pelo menos 2.500 hectares (THOMPSON *et al.*, 2019).

Um estudo no Sul do Brasil avaliou a eficiência de STV no milho sob diferentes ZM em comparação com a taxa fixa (HÖRBE *et al.*, 2013). Nas ZM de baixa performance, os ganhos econômicos no primeiro e segundo experimentos foram de 19,8 e 28,7%, respectivamente, enquanto as ZM de alta performance resultaram em ganhos econômicos menos expressivos, na ordem de 5,6 e 6,6% respectivamente.

Na região Centro-oeste do Brasil, Anselmi *et al.* (2021) delimitaram ZM em função de condutividade elétrica do solo, mapas de produtividade de safras anteriores e altitude. Em cada zona avaliaram a produtividade de sete híbridos de milho em cinco taxas de semeadura. As maiores produtividades foram observadas nas ZM que continham uma densidade de plantas de pelo menos 27% a mais que a taxa de semeadura recomendada. Estes autores concluíram que a diferença de produtividade entre as ZM pode ser explicada pelas características do solo, enquanto a variabilidade de produção dentro de cada ZM pode ser explicada pela densidade de plantas.

Pouco se sabe a respeito do impacto da STV sobre a produtividade da soja em relação ao milho (HAMMAN *et al.*, 2021; CORASSA *et al.*, 2018;). Entretanto, o alto custo das sementes nos últimos anos tem levado os sojicultores a buscar meios alternativos para melhor manejar os insumos, incluindo a adoção de semeadura em taxa variada. Em conjunto com a STV as características da área devem ser compiladas para delimitação das ZM, incluindo o

mapeamento da fertilidade do solo, matéria orgânica, teor de argila, o relevo e o histórico de produção (SMIDT *et al.*, 2016; MATCHAM *et al.*, 2020).

Diferentemente do milho, na cultura da soja costuma-se adotar menores densidades de sementes em zonas de elevada produtividade e maiores densidades em zonas menos produtivas (CARCIOCHI *et al.*, 2019; GASPAR *et al.*, 2020). Dados compilados de 109 trabalhos de campo realizados no sul do Brasil, envolvendo 2.180 unidades experimentais, apontam que a taxa de semeadura em ZM de alta produtividade pode ser reduzida em até 18% comparada àquelas de baixa produtividade sem comprometer o rendimento da soja (CORASSA *et al.*, 2018).

Os estudos apresentados foram realizados em áreas de produção de grãos de soja, todavia seus princípios também podem ser aplicados em áreas de produção de sementes, onde a atenção com os cuidados fitossanitários e nutricionais são muito mais intensos para garantir a integridade, a qualidade fisiológica e alta produtividade de sementes. Em geral, as áreas de produção de sementes de soja são implementadas com populações em taxas fixas, pré-determinadas pelas empresas detentoras de registro das cultivares, não se atentando à natural heterogeneidade físico-química e biológica dos solos e às condições ambientais de cada zona de manejo.

Diante do exposto, os objetivos deste trabalho foram avaliar os parâmetros morfológicos e os componentes de rendimento de plantas de soja em função da semeadura em taxa variável em diferentes zonas de manejo em campo de produção de semente na região Noroeste de Minas Gerais, e a sua influência na qualidade fisiológica das sementes de soja.

REFERÊNCIAS

ABRASEM - Associação Brasileira de Sementes e Mudanças. **Anuário 2019/20 – Semente é Tecnologia. Brasília.** DF: Abrasem Editorial, 2020. 133 p.

ANSEMI, A. A.; MOLIN, J. P.; BAZAME, H. C.; CORREDO, L. P. Definition of optimal maize seeding rates based on the potential yield of management zones. **Agriculture**, v. 11, p. 1-16, 2021.

BALBINOT JUNIOR, A. A.; PROCÓPIO, S. O.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C. **Densidade de plantas na cultura da soja.** Londrina: Embrapa Soja, 2015. 36 p. (Documentos / Embrapa Soja, ISSN 2176-2937; n. 364).

BIER, A. B.; SOUZA, E. G. Interpolation selection index for delineation of thematic maps. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 136, p. 202-209, 2017.

BREUNIG, F. M.; GALVÃO, L. S.; DALAGNOL, R.; DAUVE, C. E.; PARRAGA, A.; SANTI, A. L.; DELLA FLORA, D. P.; CHEN, S. Delineation of management zones in agricultural fields using cover-crop biomass estimates from PlanetScope data. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 85, p. 1-14, 2020.

BULLOCK, D. G.; BULLOCK, D. S.; NAFZIGER, E. D.; DOERGE, T. A.; PASZKIEWCZ, S. T.; CARTER, P. R.; PETERSON, T. A. Does variable rate seeding of corn pay? **Agronomy journal**, v. 90 p. 830-836, 1998.

CARCIOCHI, W. D.; SCHWALBERT, R.; ANDRADE, F. H.; CORASSA, G.M.; CARTER, P.; GASPAR, A. P.; SCHMIDT, J.; CIAMPITTI, I. A. Soybean seed yield response to plant density. **Agronomy Journal**, v. 111, p. 1–10, 2019.

COLAÇO, A. F.; MOLIN, J. P. Variable rate fertilization in citrus: A long term study. **Precision Agriculture**, v. 18, n. 2, p. 169–191, 2017. <https://doi.org/10.1007/s11119-016-9454-9>.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra brasileira de grãos.** Brasília, DF: CONAB, v. 11, safra 2023/24, n. 7, abril, 2024a. 120 p. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>. Acesso em: 28 abr. 2024.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Série histórica das safras – Soja.** Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras/itemlist/category/911-soja>. Acesso em: 28 abr. 2024b.

CORASSA, G. M.; AMADO, T. J. C.; STRIEDER, M. L.; SCHWALBERT, R.; PIRES, J. L. F., CARTER, P. R.; CIAMPITTI, I. A. Optimum soybean seeding rates by yield environment in southern Brazil. **Agronomy Journal**, v. 110, p. 2430-2438, 2018.

COX, W. J.; CHERNEY, J. H. Growth and yield responses of soybean to row spacing and seeding rate. **Agronomy Journal**, v. 103, p. 123-128, 2011.

COX, W. J.; CHERNEY, J. H.; SHIELDS, E. Soybeans compensate at low seeding rates but not at high thinning rates. **Agronomy Journal**, v. 102, p. 1238-1243, 2010.

EPLER, M.; STAGGENBORG, S. Soybean yield and yield component response to plant density in narrow row systems. **Crop Management**, v. 7, p. 1-13, 2008.

FARIAS, M. F.; BOAS, R. L. V.; DE RODRIGUES, K. M.; GARRETO, F. G.; FURTADO, M. B.; SERRANO, L. J. P.; SOARES, F. A.; MACHADO, N. A. F.; OLIVEIRA, A. R. F.; HOSANA, A. F.; SILVA-MATOS, R. R. S. Potassium fertilization in soybean and its correlation with electrical conductivity in soil. **Journal of Agricultural Science**, v. 10, n. 12, 336, 2018. <https://doi.org/10.5539/jas.v10n12p336>.

FERREIRA, A. S.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; WERNER, F.; ZUCARELI, C. Desempenho produtivo de cultivares de soja de crescimento indeterminado em resposta a arranjos espaciais de plantas. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 40, p. 2905-2916, 2019.

FIGUEIRA, S. R. F.; GALACHE, V. O. Análise comparativa da competitividade das exportações de soja em grão do Brasil, Estados Unidos e Argentina. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v.6 n.1, e245403, 2023. <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2021.245403>.

FORBES. **Mercado de semente de soja no Brasil pode ter novo avanço após salto em 22/23**. Disponível em: <https://forbes.com.br/forbesagro/2023/08/mercado-de-semente-de-soja-no-brasil-pode-ter-novo-avanco-apos-salto-em-22-23/>. Acesso em 07 jan. 2024.

FRANÇA-NETO, J. de B.; KRZYZANOWSKI, F.C.; HENNING, A.A.; PADUA, G.P.; LORINI, I.; HENNING, F.A. **Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade**. Londrina: Embrapa Soja, 2016. 82p. (Embrapa Soja. Documentos, 380).

GARCIA, A. R.; PROCÓPIO, O. S.; BALBINOT JUNIOR, A. A. Produção de soja em diferentes arranjos espaciais de plantas no Paraná e em Mato Grosso do Sul. **Embrapa Agropecuária Oeste**, v. 140, p. 42, 2017.

GASPAR, A. P.; MOURTZINIS, S.; KYLE, D.; GALDI, E.; LINDSEY, L. E.; HAMMAN, W. P.; MATCHAM, E. G.; KANDEL, H. J.; SCHMITZ, P.; STANLEY, J. D.; SCHMIDT, J. P.; MUELLER, D. S.; NAFZIGER, E. D.; ROSS, J.; CARTER, P. R.; VARENHORST, A. J.; WISE, K. A.; CIAMPITTI, I. A.; CARCIOCHI, W. D.; CONLEY, S. P. Defining optimal soybean seeding rates and associated risk across North America. **Agronomy Journal**, v. 112, p. 2103-2114, 2020.

GAZZONI, D. L.; DALL'AGNOL, A. **A saga da soja: de 1050 a.C. a 2050 d.C.** 1. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 199p.

GOLDSMITH, P. D. Soybean production and processing in Brazil. In: JOHNSON, L. A.; WHITE, P. J.; GALLOWAY, R. (Eds.). **Soybeans: chemistry, production, processing, and utilization**. Urbana-Champaign, IL: AOCS Press, 2008. p. 773-798.

GRIS, C. F.; PINHO, E. V. R. V.; ANDRADE, T.; CARVALHO, M, L. M. Qualidade fisiológica e teor de lignina no tegumento de sementes de soja convencional e transgênica RR submetidas a diferentes épocas de colheita. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 2, p. 374-381, 2010.

- HAMMAN, W. P.; MATCHAM, E. G.; SINGH, M. P.; LINDSEY, L. E. Comparison of variable-rate prescriptions and optimum seeding rate in soybean. **Crop Forage & Turfgrass Management**, v. 7, n. 2, p. 1-9, 2021.
- HARTMAN, G. L.; WEST, E. D.; HERMAN, T. K. Crops that feed the world 2. Soybean - worldwide production, use, and constraints caused by pathogens and pests. **Food Security**, v.3, p.5-17, 2011.
- HOEFT, R. G.; NAFZIGER, E.D.; JOHNSON, R.R.; ALDRICH, S. R. **Modern corn and soybean production**. 1. ed. Champaign, IL: MCSP Publications, 2000. 353p.
- HÖRBE, T.A.N.; AMADO, T.J.C.; FERREIRA, A.O.; ALBA, P.J. Optimization of corn plant population according to management zones in Southern Brazil. **Precision Agriculture**, v. 14, p. 450–465, 2013. <http://doi:10.1007/s11119-013-9308-7>.
- LEAL, J. C. **Plantas da lavoura Sul Rio-grandense**. Porto Alegre: UFRGS. 1967. 274p.
- KRZYZANOWSKI, F.C., FRANÇA-NETO, J.B.; HENNING, A.A. **A alta qualidade de sementes de soja: fator importante para a produção da cultura**. Circular Técnica [online], v. 136, 2018. 24p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/177391/1/CT136-online.pdf>. Acesso em: 07 jan. 2024.
- LINDBLOM, J.; LUNDSTRÖM, C.; LJUNG, M.; JONSSON, A. Promoting sustainable intensification in precision agriculture: review of decision support systems development and strategies. **Precision Agriculture**, v. 18, p. 309-331, 2017.
- LINDSEY, A. J.; THOMISON, P. R.; NAFZIGER, E. D. Modeling the Effect of Varied and Fixed Seeding Rates at a Small-Plot Scale. **Agronomy Journal**, v. 110, n. 6, p. 2456-2461, 2018.
- LINDSEY, A.J., P.R. THOMISON, R. MULLEN, AND A.B. GEYER. Corn response to planting date as affected by plant population and hybrid in continuous corn cropping systems. **Crop Forage Turfgrass Manage**, v. 1, n. 1, p. 1-7, 2015. <https://doi.org/10.2134/cftm2014.0073>.
- LUDWIG, M. P.; DUTRA, L. M. C.; FILHO, O. A. L.; ZABOT, L.; UHRY, D. Populações de plantas na cultura da soja em cultivares convencionais e *Roundup Ready*TM. **Revista Ceres**, v. 58, p. 305-313, 2011.
- MANDARINO, J. M. G.; OLIVEIRA, M. A.; LEITE, R. S. Características físico-químicas e tecnológicas dos grãos: teor de proteína, teor de óleo, acidez do óleo e teor de clorofila. p. 157-177. In: LORINI, I. (Ed. Técnico). Qualidade de sementes e grãos comerciais de soja no Brasil, Safra 2016/17. Londrina: **Embrapa Soja Documentos (ISSN 2176-2937; n. 403)**, 2018. 234p.
- MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Os municípios mais ricos do agronegócio**. 2022. Nota nº 01-2022/CGPLAC/DAEP/SPA/MAPA.

- MARCOS-FILHO, J. Seed vigor testing: an overview of the past, present and future perspective. *Scientia Agrícola*, v. 72, n. 4, p. 363-374, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-9016-2015-0007>.
- MATCHAM, E. G.; HAMMAN, W. P.; HAWKINS, E. M.; FULTON, J. P.; SUBBURAYALU, S.; LINDSEY, L. E. Soil and terrain properties that predict differences in local ideal seeding rate for soybean. *Agronomy Journal*, v. 112, p. 1981-1991, 2020.
- MOLIN, J. P.; TAVARES, T. R. Sensor systems for mapping soil fertility attributes: Challenges, advances, and perspectives in Brazilian tropical soils. *Engenharia Agrícola*, v. 39, p. 126–147, 2019. <https://doi.org/10.1590/1809-4430-eng.agric.v39nep126-147/2019>.
- NANNI, M. R.; POVH, F. P.; DEMATTÊ, J. A. M.; OLIVEIRA, R. B. D.; CHICATI, M. L.; CEZAR, E. Optimum size in grid soil sampling for variable rate application in site-specific management. *Scientia Agrícola*, v. 68, p. 386–392, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162011000300017>.
- PERIGO, C.; RAETANO, C. G.; SILVA, F. N.; NEGRISOLI, M. M. Impacto do controle químico de oídio nos estudos com ferrugem da soja. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO, 10., 2022, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre: FEPAF, 2022. p. 273-276.
- PETTER, F. A.; SILVA, J. A.; ZUFFO, A. M.; ANDRADE, F. R.; PACHECO, L. P.; ALMEIDA, F. A. Does high seeding density increase soybean productivity? Photosynthetically active radiation responses. *Bragantia*, v. 75, p. 173-183, 2016.
- ŠARAUSKIS, E.; KAZLAUSKAS, M.; NAUJOKIENE, V.; BRUCIENE, I.; STEPONAVICIUS, D.; ROMANECKAS, K.; JASINSKAS, A. Variable rate seeding in precision agriculture: recent advances and future perspectives. *Agriculture*, v. 12, n. 305, p. 1-24, 2022.
- SCHNEPF, R. D.; DOHLMAN, E.; BOLLING, C. **Agriculture in Brazil and Argentina, WRS-01-3**. Washington, DC: Economic Research Service, 2001, p. 77.
- 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, n. 3, p. 35-41, 2010.
- SEDIVY, E. J.; WU, F.; HANZAWA, Y. Soybean domestication: the origin, genetic architecture and molecular bases. *New Phytologist*, v. 214, p. 539-553, 2017.
- SOARES, M. R.; COSTAMILAN, M. L.; NUNES, M. D. C.; STRIEDER, L. M.; PIRES, F. L. J. **Impacto do arranjo de plantas sobre a incidência, a severidade e o controle das principais doenças da soja**. Embrapa soja, v. 387, p. 40, 2017.
- SNA - Sociedade Nacional de Agricultura. **A safra 2023/24 de soja e a importância das sementes certificadas para a produtividade**. Disponível em: <https://www.sna.agr.br/a-safra-2023-24-de-soja-e-a-importancia-das-sementes-certificadas-para-a-produtividade/>. Acesso em 07 jan. 2024.

SILVA, E. E.; BAILO, F. H. R.; TEODORO, L. P. R.; CAMPOS, C. N. S.; PLASTER, O. B.; TEODORO, P. E. Variable-rate seeding in soybean according to soil attributes related to grain yield. **Precision Agriculture**, v. 23, p. 35-51, 2022.

SMIDT, E. R.; CONLEY, S. P.; ZHU, J.; ARRIAGA, F. J. Identifying field attributes that predict soybean yield using random forest analysis. **Agronomy Journal**, v. 108, p. 637-646, 2016.

TARR, A. B.; MOORE, K. J.; DIXON, P. M.; BURRAS, C. L.; WIEDENHOEFT, M. H. Use of soil electroconductivity in a multistage soil-sampling scheme. **Crop Management**, v. 2, p. 1–11, 2003. <https://doi.org/10.1094/CM-2003-1029-01-RS>.

THOMPSON, N. M.; BIR, C.; WIDMAR, D. A.; MINTERT, J. R. Farmer perceptions of precision agriculture technology benefits. **Journal of Agricultural and Applied Economics**, v. 51, p. 142–163, 2019. <https://doi.org/10.1017/aae.2018.27>.

THOMPSON, N. M.; LARSON, J. A.; LAMBERT, D. M.; ROBERTS, R. K.; MENGISTU, A.; BELLALLOUI, N.; WALKER, E. R. Mid-south soybean yield and net return as affected by plant population and row spacing. **Crop Economics, Production & Management**, v. 107, p. 979-989, 2015.

TIGHE, M.; FORSTER, N.; GUPPY, C.; SAVAGE, D.; GRAVE, P.; YOUNG, I. M. Georeferenced soil provenancing with digital signatures. **Scientific Reports**, v. 8, p. 1–9, 2018. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-21530-7>.

TOLEDO, M. Z.; FONSECA, N. R.; CÉSAR, M. L.; SORATTO, R. P.; CAVARIANI, C.; CRUSCIOL, C. A. C. Qualidade fisiológica e armazenamento de sementes de feijão em função da aplicação tardia de nitrogênio em cobertura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 39, n. 2, p. 124 -133, 2009.

USDA - United States Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service. **Oilseeds: World Markets and Trade**, December, 2023, 38 p. Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/oilseeds.pdf>. Acesso em: 07 jan. 2024.

VAN ROEKEL, R. J.; COULTER, J.A. Agronomic responses of corn to planting date and plant density. **Agronomy Journal**, v. 103, n. 5, p. 1414–1422. 2011. <https://doi.org/10.2134/agronj2011.0071>.

CAPÍTULO I

PERFORMANCE AGRONÔMICA EM CAMPOS DE SEMENTES DE SOJA SEMEADAS A TAXA VARIÁVEL EM DIFERENTES ZONAS DE MANEJO

Unai/MG

2024

RESUMO

A semeadura da soja é uma etapa fundamental para obtenção do máximo rendimento da cultivar, e a utilização da densidade de semeadura adequada pode contribuir para que as cultivares expressem o máximo do seu potencial produtivo. Vários estudos objetivando determinar a população ideal de soja já foram e continuam sendo realizados variando a densidade de semeadura em taxa fixa. Entretanto, novas tecnologias têm sido implantadas em sistemas de produção de sementes, como a semeadura em taxa variada. Portanto, faz-se necessária a atualização dos estudos sobre arranjo de plantas, considerando essa nova tecnologia, pois as cultivares ter comportamento distinto conforme a zona de manejo (ZM) em que estão inseridas. Diante o exposto, objetivou-se avaliar o efeito da semeadura em taxa variável em diferentes zonas de manejo na produtividade e nos componentes de rendimento de plantas de soja em campo de produção de sementes na região noroeste de Minas Gerais. A pesquisa de campo foi conduzida em uma área comercial de produção de sementes de soja situada em Unai/MG. A cultivar de soja M6210 IPRO foi cultivada sob sistema de cultivo direto e irrigação por pivô central na safra 2021/22. A semeadura foi realizada em taxa variável de sementes, utilizando semeadora de precisão no espaçamento de 0,50 m entre linhas. Para cada taxa de semeadura foi atribuído uma zona de manejo (ZM) na área, dessa forma foram atribuídos 5 ZM, sendo a ZM 1 o ambiente de maior potencial produtivo até a ZM 5 o ambiente de menor potencial produtivo. Em cada ZM foi instalado um experimento no delineamento em blocos casualizados, com cinco tratamentos equivalentes às taxas de semeadura (15,5, 16,0, 16,5, 17,5 e 19,5 sementes por metro linear, equivalente à: 310, 320, 330, 350 e 390 mil plantas por hectare), em quatro repetições. Ao longo do cultivo e após a colheita das sementes de soja foram realizadas coletas de solo para determinação da textura, do teor de matéria orgânica, densidade aparente e densidade de partículas do solo para cada ZM. Foram avaliados também parâmetros morfológicos das plantas de soja (diâmetro de hipocótilo, altura de planta e altura de inserção da primeira vagem), e componentes de rendimento (estande inicial e final, número de hastes laterais produtivas, número de nós na haste principal, número de vagens por planta, número de sementes por vagem, peso de mil sementes e produtividade). As plantas provenientes da ZM 3, ambiente de médio potencial produtivo, textura franco-argilosa-arenosa com maiores teores de matéria orgânica na profundidade 0-20 cm, proporcionam os maiores valores de diâmetro do hipocótilo, número de vagens por planta e número de nó independente da taxa de semeadura. A adoção da tecnologia de semeadura em taxa variada em campos de produção de sementes de soja não proporcionou aumento significativo na produtividade em campos de sementes de soja. O uso de 15,5 sementes m⁻¹ pode ser adotado para condições deste estudo que irá proporcionar redução da quantidade de sementes para a semeadura sem afetar o desempenho das plantas de soja e da produção de sementes.

Palavras-chave: agricultura de precisão, atributos do solo, componentes de rendimento, *Glycine max* L. Merrill, parâmetros morfológicos.

ABSTRACT

AGRONOMIC PERFORMANCE OF SOYBEAN SEED FIELDS SOWN WITH VARYING RATES IN DIFFERENT MANAGEMENT ZONES

Sowing is a key to great harvest of soybean, so adjusting the seeding rate may contribute to maximize the cultivar's yield potential. To establish the best soybean population, several studies involving different seeding densities at standard rates have been performed. However, new technologies have been implemented in seed production systems, among which is found the sowing at varying rates. Based on that, the plants arrangement must be updated to match the cultivars behavior and the management zones (MZ) where they grow. The present study evaluated how the rates of sowing in different MZs would impact the yield components of soybean plants in a seed production field located in Unaí county, Minas Gerais state. The M6210 IPRO soybean cultivar was grown in a non-tillage cultivation system irrigated through central pivot during the 2021/22 harvest. Sowing was carried out at a variable seed rate, using a precision seeder adjusted to 0.50 m between rows. Each seeding rate was assigned to one among five MZs, where MZ 1 was characterized as the highest yield potential and the MZ 5 as the lowest. For each MZ there was established an experiment in a randomized block design with five treatments represented by the seeding rates (15.5, 16.0, 16.5, 17.5 and 19.5 seeds per linear meter, which corresponded to 310, 320, 330, 350 and 390 thousand plants per hectare, respectively), and four replicates. Throughout the growing season and after harvesting, soil samples were taken from each MZ to determine its texture, organic matter content, and the apparent and particle densities. With respect to soybean plants, there were evaluated the diameter of hypocotyl, plant height, height of the first pod insertion, initial and final stand, number of productive lateral stems, number of nodes on the main stem, number of pods per plant, number of seeds per pod, weight of one thousand seeds and yield. Regardless of the seeding rate, the greatest values of hypocotyl diameter, number of pods per plant and node number were obtained with plants from MZ 3 (medium yield potential, clayey-sandy texture, and higher organic matter content at depth 0-20 cm). In conclusion, it was observed that varying sowing rates do not increase soybean seed yield significantly, and the rate of 15.5 seeds m⁻¹ neither affect soybean plants performance nor their seed production.

Keywords: precision agriculture; soil features, yield components, *Glycine max* L. Merrill, morphophysiological features.

1. INTRODUÇÃO

A soja é um dos grãos cultivados mais importantes mundialmente. O complexo soja (grão, farelo e óleo) é utilizado com finalidades alimentícias, tanto humana quanto animal, na indústria química (KOESTER *et al.*, 2014), com finalidades energéticas como na produção de biodiesel (HARTMAN *et al.*, 2011) e o grão ainda fornece subprodutos para o meio automobilístico na produção pneus (LOVISON *et al.*, 2021). Na safra 2022/23 o Brasil se consolidou mais uma vez como o principal produtor (154,6 milhões de toneladas) e exportador (95,5 milhões de toneladas) de soja (CONAB, 2023; USDA, 2023).

Todos os esforços de pesquisa e desenvolvimento de tecnologias fizeram do Brasil o maior produtor e exportador mundial de soja em grão e o terceiro maior produtor de farelo e óleo de soja (MAPA, 2022; USDA, 2023). Dentre essas tecnologias estão os avanços em melhoramento genético, biotecnologia, nas máquinas e implementos agrícolas e nos sistemas de produção de grãos e sementes de soja, os quais permitiram e permitem cada vez maiores produtividades aliada a maior qualidade de grãos e qualidade fisiológica das sementes.

A operação de semeadura de qualquer cultura, dentre elas a soja, é uma etapa crucial para obtenção do máximo rendimento da cultivar. Normalmente, os sojicultores brasileiros utilizam a recomendação das empresas detentoras das cultivares para estabelecer o estande inicial na área de cultivo (SILVA, *et al.*, 2022). Na região Noroeste de Minas Gerais por exemplo, principal produtora de soja do estado (SEAPA, 2022), e uma das principais regiões produtoras de sementes de soja e milho do país, é comum a utilização de taxa fixa de sementes em torno de 300 a 350 mil sementes de soja/hectare.

Vários estudos objetivando determinar a população ideal de soja já foram e continuam sendo realizados variando a densidade de semeadura em taxa fixa. Essas pesquisas avaliaram diferentes cultivares, densidade de semeadura, sistemas de cultivos, espaçamento entre linhas, e em geral não há um consenso sobre qual população proporciona as maiores produtividades. Alguns estudos não encontraram relação entre o aumento da densidade de semeadura e o aumento da produtividade (RIBEIRO *et al.*, 2017; THOMPSON *et al.*, 2015; BALBINOT JUNIOR *et al.*, 2015; LUDWIG *et al.*, 2011; COX *et al.* 2010), em outros porém, as menores densidades (entre 200 e 300 mil/sementes/hectare) proporcionaram maiores produtividades (CAMICIA *et al.*, 2018; PETTER *et al.*, 2016; TOURINO *et al.* 2002), e alguns outros ainda verificaram que as maiores populações (450 mil/sementes/hectare) proporcionaram melhores rendimentos (FERREIRA *et al.* 2019).

Dessa forma, faz-se necessária a atualização dos estudos sobre arranjo de plantas, considerando as novas tecnologias atualmente empregadas, pois as cultivares podem se comportar de forma diferente de acordo com o tipo de cultivar e o ambiente de produção ou zona de manejo (ZM) em que estão inseridas (SHER et al., 2017). As ZM são delimitações de subáreas com características topográficas, climáticas, pedológicas/edáficas (classe de solo, granulometria, fertilidade, retenção de água, condutividade elétrica, etc.) e de culturas semelhantes dentro de um campo de produção. Entre as variáveis que podem ser utilizadas para a definição dessas zonas, aquelas que são estáveis e espacialmente correlacionadas com a produtividade (características edafoclimáticas, por exemplo) geralmente são mais utilizadas (GAVIOLI et al., 2016). Conhecer a variabilidade espacial do solo, pode ajudar a definir o estande adequado dentro do mesmo campo de produção (CAMICIA et al., 2018).

A delimitação dos talhões cultivados em ZM é uma forma de classificar e manejar a variabilidade espacial dentro de um campo de produção (CHEN et al., 2021; SCHENATTO et al., 2016; BAZZI et al., 2015) e permite maior controle das relações de causa e efeito, por exemplo, para avaliar o aumento no potencial de rendimento sob condições específicas (MÉNDEZ-VÁZQUEZ et al., 2019; RODRIGUES; CORÁ, 2015) como a semeadura de soja em taxas variadas de sementes.

Uma das práticas mais recente adotadas por algumas empresas e produtores de sementes de soja é a semeadura em taxa variável (STV). A variação de população de sementes de soja pode ser realizada por semeadoras de precisão equipadas com controladores eletrônicos que podem variar a taxa de semeadura alterando o espaçamento entre as sementes ao longo da linha de cultivo (LI et al., 2016).

A prática de STV já é uma realidade em sistemas de produção de grãos de soja, todavia não é uma prática realizada em campos de produção de semente. Nesse sentido, recentemente algumas empresas em parceria com produtores de sementes, iniciaram cultivos de soja semente em taxa variável, visando um melhor aproveitamento de recursos (fertilizantes, água de irrigação, solo, luz) e consequentemente a obtenção de maiores produtividades. No entanto, a falta de estudos sobre o impacto da STV na produtividade e nos componentes de rendimento das plantas de soja não permite inferir se esta é ou não uma decisão economicamente viável.

As diversas possibilidades de manejo das culturas geralmente são resultado de interações complexas entre fatores abióticos (água, luz, CO₂, nutrientes características edáficas) e bióticos (relacionados ao manejo da cultura, como: tipo de cultivar, densidade e população de plantas, época de cultivo, profundidade de semeadura, dentre outros) e podem refletir a variabilidade espacial de uma cultura dentro dos campos, o que se torna um desafio para os

sojicultores alcançarem melhores resultados econômicos e em produtividade (ANSELMINI et al., 2021). Assim, a adoção de técnicas de agricultura de precisão pode fornecer ferramentas que auxiliem os produtores de sementes a lidar melhor com essa variabilidade (MOLIN, et al., 2020; GAVIOLI et al., 2019) no cultivo de soja semente nas suas diferentes zonas de manejo. Ademais, além de criar ZM, outro aspecto desafiador do STV é atribuir uma taxa de semeadura a cada zona de manejo que irá maximizar o rendimento ou o lucro, gerando uma possível “prescrição” de taxa de semeadura ideal para cada zona de manejo (HAMMAN et al., 2021).

A hipótese deste estudo remete que os parâmetros morfológicos e componentes de rendimento das sementes de soja podem ser influenciados positivamente pela semeadura em taxa variável em diferentes zonas de manejo.

Diante do exposto, objetivou-se avaliar o efeito da semeadura em taxa variável em diferentes zonas de manejo na produtividade e nos componentes de rendimento de plantas de soja em campo de produção de sementes na região noroeste de Minas Gerais.

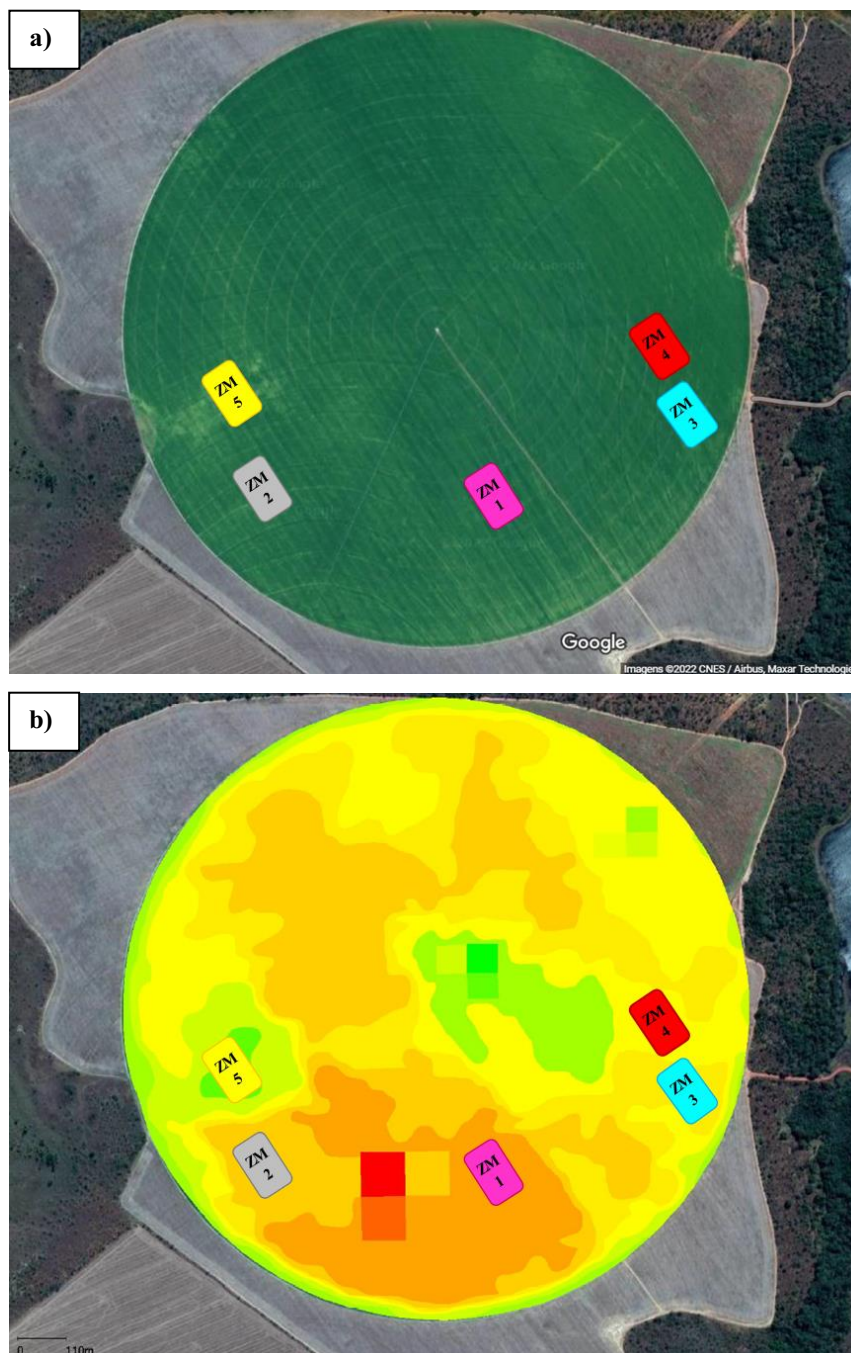
2. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa de campo foi conduzida em uma área comercial de produção de sementes de soja na fazenda Bom Jesus, pertencente ao grupo JB Agrícola, situada na chapada de Guarapuava, a 84 Km do município de Unaí-MG, nas coordenadas: latitude 16°15'51,6"S, longitude 46°28'17,5"W e altitude média de 782 metros. As análises laboratoriais de solo e dos componentes de rendimentos de soja foram realizadas no Agropeclab do Instituto de Ciências Agrárias – ICA, da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM, Campus Unaí/MG. O clima da região é do tipo AW - tropical com predomínio de estação seca no inverno e verão chuvoso de acordo com a classificação de Köppen (MARTINS et al., 2018), com temperatura média anual de 24°C e índice pluviométrico médio anual de 1.200 mm (INMET, 2023; CLIMATEMPO, 2023).

A soja foi cultivada em uma área de 159 ha sob sistema de irrigação por pivô central, com uma lâmina média de 5 mm a cada 15 dias totalizando 42 mm de água ao longo do ciclo. A semeadura foi realizada no dia 21/10/2021 sob sistema de cultivo direto com a cultivar de soja M6210 IPRO (Monsoy - Bayer[®], Leverkusen, Alemanha), a qual pertence ao grupo de maturidade relativo 6.2 e possui ciclo médio de 108 dias. O espaçamento entre fileiras adotado foi de 50 cm e foi utilizado a semeadora Absoluta com 37 linhas (Stara[®], Não-Me-Toque/RS, Brasil). A semeadura foi realizada em taxa variável de sementes (Figura 1) com finalidade de

obter diferentes densidades populacionais de plantas de soja a fim de maximizar a produtividade de sementes. Esse procedimento foi realizado conforme critérios técnicos adotados pela equipe técnica e empresas parceiras da BJ Sementes.

Figura 1 – Localização das Zonas de Manejo no pivô onde foi realizado o experimento, caracterizada de acordo com a textura do solo, relevo, fertilidade e NDVI. a) Imagem de satélite da área indicando as Zonas de Manejo georreferenciadas (Fonte: Google Maps). b) Mapa do índice NDVI indicando as Zonas de Manejo georreferenciadas (Imagem gerada pela empresa Geap Agrociências). Fazenda Bom Jesus, Unai/MG, 2022.



Zonas de Manejo, Textura do solo e Coordenadas Geográficas

ZM 1: Argilo Arenosa

16° 17' 5.43" S
46° 29' 30.62" W

ZM 2: Franco Argilo Arenosa

16° 17' 3.79" S
46° 29' 47.59" W

ZM 3: Franco Argilo Arenosa

16° 17' 0.4" S
46° 29' 14.75" W

ZM 4: Franco Arenoso

16° 16' 56.31" S
46° 29' 15.94" W

ZM 5: Franco Arenoso

16° 16' 57.86" S
46° 29' 49.33" W

Pivô 14 –
Fazenda Bom Jesus,
Unai/MG – Brasil
Janeiro/2022

A definição das diferentes taxas de sementes foi baseada no mapa de índice de vegetação da área, utilizando o índice NDVI, realizado em junho de 2021 na cultura do milho e teor de argila do solo de forma que recomendou maiores quantidade de sementes nas áreas que apresentava os maiores índice de NDVI e do teor de argila na profundidade de 0-20 cm.

Em cada taxa de semeadura utilizada pela fazenda para condução do campo de sementes foi atribuído uma zona de manejo (ZM), agrupando parâmetros semelhantes do NDVI, realizado na safra anterior na área, e teor de argila na profundidade 0-20cm, dessa forma foram atribuídos 5 ZMs (Figura 1), sendo a ZM 1 o ambiente de maior potencial produtivo até a ZM 5 de ambiente de menor potencial produtivo. Em cada ZM foi instalado um experimento no delineamento em blocos casualizados, com cinco tratamentos equivalentes às taxas de semeadura utilizada para a formação do campo de sementes de soja, em quatro repetições. As taxas de semeadura foram de: 15,5, 16,0, 16,5, 17,5 e 19,5 sementes por metro linear, equivalente à: 310, 320, 330, 350 e 390 mil sementes por hectare. A taxa de 16,5 sementes por metro (330.000 sementes ha⁻¹) é a taxa semente recomendada para cultivar M6210 IPRO, de acordo com obtentor da cultivar, Bayer[®].

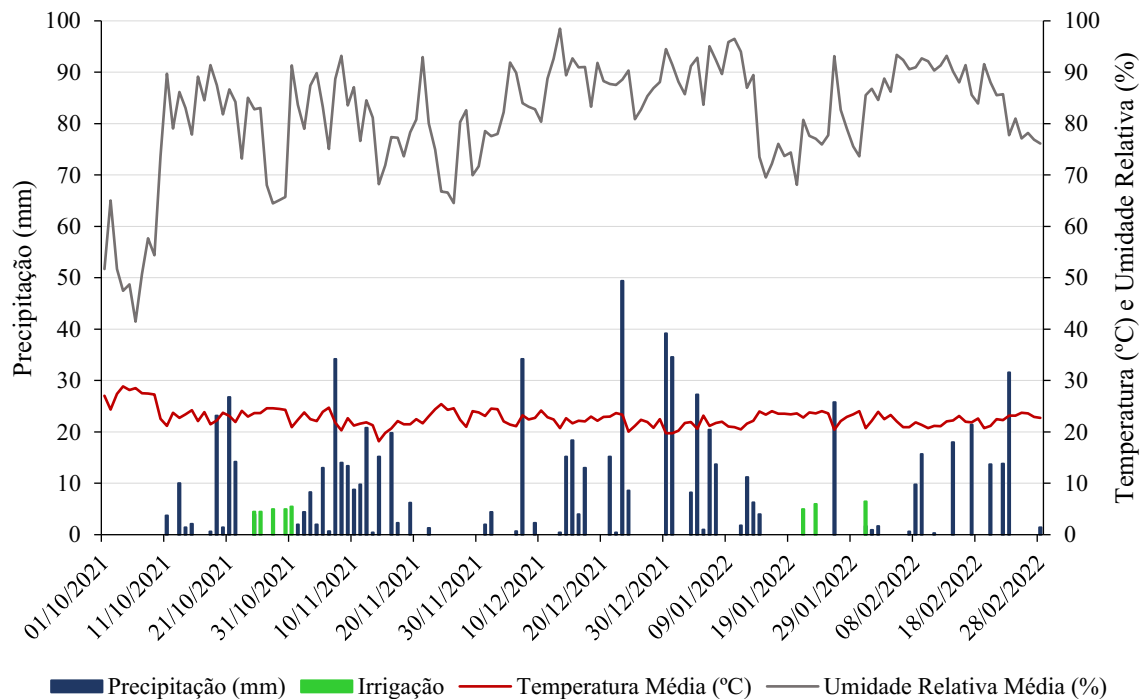
As parcelas foram constituídas por 16 linhas espaçadas de 0,5 m, por 10 m de comprimento, totalizando 80 m². Como área útil, consideraram-se as 12 linhas centrais (6 m) descartando dois metros de cada extremidade (6m), totalizando 36 m² centrais. A semeadura do experimento foi realizada no mesmo dia para todas as ZMs, com a mesma semeadora e cultivar (M6210 IPRO).

Todos os tratos culturais e fitossanitários realizados ao longo do experimento seguiram as recomendações da equipe técnica da fazenda Bom Jesus (Anexo 1).

As condições climáticas durante a condução do experimento foram coletadas da estação meteorológica da própria fazenda e cedidas pela empresa responsável pela gestão de irrigação iCrop[®] (Uberlândia, MG, Brasil), conforme a Figura 2. Houve precipitações dias antes da semeadura (23,2 mm no dia 19) durante a semeadura (26,8 mm no dia 21/10/2021) e logo após a semeadura (14,2 mm no dia 23/10/21), totalizando um acumulado de 756 mm durante todo o ciclo da cultura. Foram realizadas oito irrigações ao longo desse ciclo, durante os períodos com ausência de chuva, acumulando um total de 42 mm, sendo que a precipitação somada à irrigação totalizara 798 mm. A temperatura média durante o experimento foi de 22,8°C ± 1.8°C.

Decorridos 116 dias da semeadura, quando as plantas se encontravam no estágio R8 (maturação plena das vagens com teor de umidade menor que 30%) (FARIAS; NEPOMUCENO; NEUMAIER 2007) procedeu a colheita dos experimentos.

Figura 2 – Dados climáticos: precipitação (mm), temperatura média (°C) e umidade relativa média do ar (%) e lâminas de irrigação da Fazenda Bom Jesus no período de 01/10/2021 a 28/02/2022. Unai/MG, 2022.



Ao longo do cultivo e após a colheita da soja foram realizadas coletas de solo para determinação da textura, do teor de matéria orgânica, densidades aparente e de partículas, e porosidade total do solo para cada ZM. Foram avaliados também parâmetros morfológicos das plantas de soja (diâmetro de hipocótilo, altura de planta e altura de inserção da primeira vagem) e componentes de rendimento (estande inicial e final, número de hastes laterais produtivas, número de nós na haste principal, número de vagens por planta, número de sementes por vagem, peso de mil sementes e produtividade). A metodologia de avaliação de cada parâmetro está descrita a seguir.

2.1. Caracterização do solo nas zonas de manejo

Para a granulometria do solo foi utilizado o método da pipeta (TEIXEIRA *et al.* 2017), onde utilizaram-se 10 g de terra fina seca em estufa (TFSE), à qual foram adicionados 10 ml de NaOH a 1N. Após, a amostra passou por agitação lenta (16 h no agitador do tipo Wagner) e a solução foi peneirada para separação da areia (malha de 0,053 mm), a qual ficou retida e foi posteriormente levada a estufa para secagem (105-110° C por 24 horas). O restante da solução

que passou pela peneira foi colocado em proveta de 500 ml, onde foi adicionada água destilada até atingir o volume especificado. O tempo de sedimentação do silte foi calculado pela lei de Stokes e a solução foi agitada manualmente e deixada em repouso. Após esse tempo, uma alíquota de 10 ml da solução foi pipetada à profundidade de 5 cm, colocada em béquer e levada também à estufa (105-110° C por 24 horas). Após a secagem, os conteúdos dos béqueres com areia e argila + NaOH foram obtidos e as proporções de areia, argila e silte foram calculadas utilizando as equações 1, 2 e 3, respectivamente. Com esses resultados, foi obtida a classificação textural de acordo com o triângulo textural do Soil Survey Manual (SOIL SURVEY STAFF, 2017).

$$\% \text{Areia} = \frac{M_{\text{areia}}}{10} \times 100 \quad \text{Eq. 1}$$

$$\% \text{Argila} = \frac{500}{M_{\text{argila+NaOH}}} - 2\% \quad \text{Eq. 2}$$

$$\% \text{Silte} = 100 - (\% \text{Areia} + \% \text{Argila}) \quad \text{Eq. 3}$$

Em que: M_{areia} = massa da areia total (g) / $M_{\text{argila+NaOH}}$ = massa da argila somada à massa do NaOH.

As densidades aparente e de partículas e a porosidade total foram obtidos através dos métodos descritos no Manual de Métodos de Análise de Solo (TEIXEIRA et al., 2017). Para determinação da densidade aparente (D_a), utilizou-se um anel de aço de volume interno de 50 cm^3 para coletar quatro amostras indeformadas (uma por bloco) de solo nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm. Tais amostras foram secas em estufa de circulação de ar forçado regulada a 105 °C por 24 h. A D_a foi calculada pela equação 4:

$$D_a \text{ (g cm}^{-3}\text{)} = \frac{a}{b} \quad \text{Eq. 4}$$

Em que: D_a = Densidade aparente / a = massa da amostra seca (g) / b = volume do anel de aço (cm^3)

A densidade de partículas (D_p) do solo foi determinada a partir das mesmas quatro amostras anteriores (uma por bloco) nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm, onde 20 g de dessas amostras já secas foram transferidos para balões volumétricos de 50 ml e se adicionou álcool etílico a 98% até o limite do recipiente. A D_p foi calculada pela equação 5:

$$Dp \text{ (g cm}^{-3}\text{)} = \frac{a}{(50-b)} \quad \text{Eq. 5}$$

Em que: Dp = Densidade de partículas / a = massa da amostra seca (g) / b = volume de álcool para preencher o balão (ml)

A porosidade total foi calculada pelo método indireto em função dos valores de Da e Dp , conforme a equação 6.

$$Pt = \left[\frac{(Dp-Da)}{Dp} \right] \quad \text{Eq. 6}$$

Em que: Pt = porosidade total ($\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$) / Dp = densidade de partículas sólidas do solo (g cm^{-3}) / Da = densidade aparente (g cm^{-3})

A análise do carbono total das amostras de solo foi feita por combustão seca em analisador marca Elementar, modelo TruSpec Micro, sendo as pesagens das amostras (2 a 5 mg) realizadas em balança analítica com precisão de 0,00001 g. As amostras utilizadas foram maceradas em almofariz e peneirados (malha de 2 mm e posteriormente peneira de 0,4 mm); em seguida, foram secas em estufa BOD a 65 °C, por um período de 48 h, para retirar a umidade, antes da pesagem e análise no analisador elementar. As amostras foram acondicionadas e seladas em tubos de quartzo, sendo, em seguida, incineradas em temperatura aproximada de 1075 °C por 5 min, onde foi utilizado como carreador os gases O_2 e He, com 99,998 % de pureza. Após a combustão, toda a matéria orgânica foi convertida em dióxido de carbono (CO_2) e um sensor infravermelho detectou a quantidade de CO_2 gerado pela combustão, relacionando-a automaticamente com a quantidade de C elementar existente na amostra de solo. Na confecção de curva-padrão de C para o analisador automático, foram utilizadas amostras puras de Cistina Acetilcisteína (nac) valor de referência 29,99% de C. Os teores de carbono total foram multiplicados por 1,72 para expressar os resultados em teor de matéria orgânica (MO). Esse procedimento foi adotado porque no solo em estudo a presença e carbonato de cálcio (CaCO_2) era praticamente inexistente nas amostras.

2.2. Avaliação dos parâmetros morfológicos das plantas de soja

No momento da colheita três plantas foram coletadas aleatoriamente na área útil de cada parcela para mensurar o diâmetro do hipocótilo, a altura da planta e altura de inserção da primeira vagem.

O diâmetro do hipocótilo foi mensurado utilizando um paquímetro digital graduado em milímetros. A altura da planta foi medida da base da planta até o ápice da haste principal, e a altura de inserção de vagem, da base da planta até a inserção da primeira vagem, ambas por meio de uma régua graduada em centímetros.

O índice de acamamento foi mensurado de acordo com metodologia proposta por Bernard et al. (1965). No momento da colheita, de forma visual foram atribuídas notas de 1 a 5 as plantas da área útil da parcela, sendo:

- 1 = todas as plantas eretas;
- 2 = algumas plantas inclinadas ou ligeiramente acamadas;
- 3 = todas as plantas moderadamente inclinadas ou 25–50% acamadas;
- 4 = todas as plantas severamente inclinadas ou 50–80% acamadas;
- 5 = todas as plantas acamadas.

2.3. Avaliação dos componentes de rendimento

Para a avaliação da produtividade e dos componentes de rendimento, foram colhidas manualmente apenas as 6 linhas centrais dentro da área útil de cada parcela, totalizando 18 m². Após a colheita as plantas foram trilhadas em trilhadora estacionária de grãos SB-01 da SB máquinas agrícolas.

O estande inicial de plantas, ou seja, o número de plantas por hectare (plantas ha⁻¹), foi determinado aos 21 dias após a semeadura, mediante contagem do número de plantas nas duas linhas centrais da parcela útil. O estande final foi mensurado da mesma forma no dia da colheita, e os dados foram extrapolados plantas ha⁻¹. Para fins de avaliação foi determinado do percentual de redução de estande de plantas (REP), conforme a equação 7:

$$REP = \frac{\text{Stand Inicial}}{\text{Stand Final}} \times 100 \quad \text{Eq. 7}$$

Em que: *REP* = percentual de redução de estande de plantas (%) / *Stand Inicial* = número de plantas ha⁻¹ aos 21 dias após a semeadura / *Stand Final* = número de plantas ha⁻¹ no momento da colheita.

Das três plantas que foram coletadas para avaliação dos parâmetros morfológicos, foram quantificados também: o número de hastes laterais produtivas, o número de nós na haste principal, o número de vagens por planta e o número médio de sementes por vagem. Para a contagem do número de sementes, foram contabilizadas as sementes de 30 vagens por planta.

Para determinação do peso de mil sementes (PMS) e produtividade de sementes (PROD), foram colhidas manualmente em cada parcela 6 fileiras centrais com 5 m de comprimento, totalizando 18 m². Após a colheita as plantas foram trilhadas em trilhadora estacionária de grãos SB-01 da SB máquinas agrícolas. A determinação do PMS foi realizada manualmente utilizando um tabuleiro de contagem de 100 sementes. Foram realizadas 8 repetições, em seguida as sementes foram pesadas em balança analítica de precisão. O PMS foi calculado pela seguinte equação (RAS, 2009):

$$PMS \text{ (gramas)} = \frac{\text{peso da amostra} \times 1000}{n^{\circ} \text{ total de sementes}} \quad \text{Eq. 8}$$

Em que: PMS = Peso de Mil Sementes (gramas)

Para o cálculo de produtividade (Kg ha⁻¹), após o arranquio de todas as plantas dentro da área útil de 18 m² e o processo de trilha dessas plantas, as sementes passaram por uma etapa adicional de limpeza para retirar possíveis impurezas (restos de vagem, folhas ou caule) e por fim foram pesadas em balança de precisão. A massa de 1000 sementes e a produtividade das amostras foi corrigida para 13% de umidade por meio de um medidor de umidade (Modelo G610i, Gehaka[®], São Paulo/SP, Brasil). A produtividade foi calculada conforme as equações 9 e 10.

$$\text{Produtividade (kg ha}^{-1}\text{)} = \left[\frac{\left(\frac{10.000 \times Pp}{Ac} \right)}{1.000} \right] \quad \text{Eq. 9}$$

Em que: Pp = massa de sementes da parcela (Kg) / Ac = área colhida (ha)

$$\text{Produtividade (kg ha}^{-1}\text{)} = \text{Peso úmido da amostra} \times \frac{(100 - \text{Umidade da amostra})}{(100 - 13\%)} \quad \text{Eq. 10}$$

2.4. Delineamento experimental e análise estatística

Foram constituídos cinco experimentos, sendo cada zona de manejo (ZM) um experimento. Estes foram instalados no delineamento em blocos casualizados com quatro

repetições e cinco tratamentos. Os tratamentos foram compostos pelas taxas de semeadura (15,5, 16,0, 16,5, 17,5 e 19,5 sementes por metro linear, equivalente à: 310, 320, 330, 350 e 390 mil plantas por hectare).

2.4.1. Análise estatística

Normalidade dos resíduos para atender uma das premissas das análises de variância foi testada pelo teste de Shapiro-Wilk e algumas transformações foram testadas para tentar tornar a distribuição normal quando os resíduos apresentavam distribuição não normal. Quando a normalidade dos resíduos não foi atendida, mesmo após tentativas de transformações, os dados foram tratados como não paramétricos e os testes de Kruskal-Wallis e de Dwass, Stell, Critchlow-Fligner (DSCF) foram usados para realizar comparações de medianas. Quando a normalidade dos resíduos foi atendida, após tentativas ou não de transformações, os dados foram então tratados como paramétricos e os testes F e t de *Student* foram usados para realizar comparações de médias.

Zonas de manejo foram tratadas como diferentes experimentos, sendo conduzida uma análise conjunta de grupo de experimentos. Análises de variância dos atributos dos solos em cada profundidade foram realizadas usando um modelo misto com efeito fixo de zona de manejo e efeito aleatório de bloco aninhado à zona de manejo, enquanto análises de variância dos caracteres morfológicos e componentes de rendimento da soja foram realizadas usando um modelo misto com efeito fixo de zona de manejo, taxa de semeadura e suas interações, além do efeito aleatório de bloco aninhado à zona de manejo. Um efeito foi considerado significativo a um nível de probabilidade de 5% ou menor para o teste aplicado. Teste de médias foi aplicado para comparar médias entre as zonas de manejo e análise de regressão foi aplicada para testar modelos (linear, quadrático e cúbico) que melhor se ajustavam aos dados entre as taxas de semeadura, caso efeito principal ou de interação fosse significativo.

Os testes de normalidade, os testes não paramétricos, as análises de variância e as análises de regressão dos dados foram conduzidos usando respectivamente os procedimentos UNIVARIATE, NPAR1WAY, MIXED e GLM do software *Statistical Analysis System* (SAS Inst. Inc., Cary, NC, USA; versão 9.4). Para a análise conjunta de grupo de experimentos, a heterogeneidade das variâncias entre as zonas de manejo foi considerada no modelo das análises de variância usando o efeito de zona de manejo na opção GROUP da afirmação REPEATED e uma aproximação do grau de liberdade pelo método de Satterthwaite foi realizada na obtenção do valor de F para o efeito de interação dos fatores.

3. RESULTADOS

3.1. Atributos do solo nas diferentes zonas de manejo

A partir dos dados de granulometria foi possível classificar as zonas de Manejo (ZM) em função da textura, conforme detalhado na Tabela 1. As ZM foram classificadas em Argilo Arenosa (ZM 1), Franco Argiloso Arenosa (ZM 2 e 3) e as áreas mais arenosas classificadas como Franco Arenoso (ZM 4 e 5) (SOIL SURVEY STAFF, 2017), tanto na profundidade de 0-20 quanto na de 20-40 cm.

Tabela 1. Composição e classificação textural das Zonas de Manejo em diferentes profundidades (0 a 20 e 20 a 40 cm) em campo de produção de semente de soja (cultivar Monsoy 6210 Ipro[®]) sob sistema de cultivo direto e irrigado via pivô central. Fazenda Bom Jesus, Unai/MG, 2024.

Zonas de Manejo	Profundidade do Solo (cm)	Argila (%)	Silte (%)	Areia (%)	Classe Textural ¹
1	0-20	36,24	9,94	53,82	Argilo Arenosa
	20-40	37,01	9,08	53,90	Argilo Arenosa
2	0-20	31,16	5,96	62,88	Franco Argiloso Arenosa
	20-40	27,11	9,09	63,80	Franco Argiloso Arenosa
3	0-20	24,84	10,23	65,06	Franco Argiloso Arenosa
	20-40	22,35	10,76	66,89	Franco Argiloso Arenosa
4	0-20	18,79	10,39	70,82	Franco Arenoso
	20-40	18,00	13,43	68,38	Franco Arenoso
5	0-20	13,37	10,15	76,48	Franco Arenoso
	20-40	17,30	6,29	76,41	Franco Arenoso

¹ Classificação de acordo com o Soil Survey Manual (SOIL SURVEY STAFF, 2017).

Entre os atributos de solo na profundidade de 0 a 20 cm não houve efeito da zona de manejo ($P > 0,05$) apenas para a porosidade total (PT) e a porcentagem de silte (Tabela 2). É possível observar nesta profundidade, que as ZM 4 e 5 apresentam a maior densidade de solo (DS), enquanto a ZM 1 a menor DS, enquanto com relação a densidade de partícula (DP) as ZM 2, 3 e 5 apresentaram as maiores médias. Pode-se verificar ainda que, as ZM 1 e 2 se apresentaram mais teores de argila, enquanto as ZM 3, 4 e 5 mais arenosas, e os maiores teores matéria orgânica (MO) foram encontradas nas ZM 1 e 3.

Na profundidade de 20 a 40 cm, não houve efeito de ZM ($P > 0,05$) somente para a DP e os resultados seguiram uma tendência similar aos obtidos na profundidade de 0 a 20 cm (Tabela

2). No geral a ZM 5 apresentou a maior DP, a maior porcentagem de areia e os menores teores MO e SILTE. Em contrapartida, verificou-se que o solo presente na ZM 1 apresentou maior PT e maiores porcentagens de ARGILA e MO em relação as demais zonas de manejo. A porcentagem de SILTE apesar de ser maior nas ZM 1 e 2 se diferiu apenas da porcentagem encontrada na ZM 5.

Tabela 2. Atributos físicos e matéria orgânica do solo das zonas de manejo em diferentes profundidades (0 a 20 e 20 a 40 cm) em campo de produção de semente de soja (cultivar Monsoy 6210 Ipro[®]) sob sistema de cultivo direto e irrigado via pivô central, na Fazenda Bom Jesus, Unai/MG.

Variável	Zona de manejo (ZM)					Valor de P
	ZM 1	ZM 2	ZM 3	ZM 4	ZM 5	
Profundidade de 0 a 20 cm						
DS	1,51 (0,006) ^c	1,56 (0,015) ^b	1,58 (0,010) ^b	1,62 (0,038) ^{ab}	1,68 (0,027) ^a	<0,0001
DP	2,60 (0,056) ^b	2,77 (0,052) ^a	2,76 (0,099) ^{ab}	2,57 (0,027) ^b	2,67 (0,281) ^{ab}	0,0363
VTP	42,5 (0,98)	42,7 (2,84)	42,4 (3,60)	36,3 (2,84)	31,1 (5,96)	0,1656
ARGILA	40,0 (2,48) ^a	33,3 (2,06) ^{ab}	32,3 (1,38) ^b	26,0 (5,57) ^{bc}	24,0 (2,08) ^c	0,0027
SILTE	8,8 (1,55)	10,5 (0,50)	8,0 (1,29)	7,3 (1,80)	12,5 (3,20)	0,1923
AREIA	51,0 (1,08) ^c	56,3 (2,21) ^b	59,8 (1,80) ^{ab}	66,8 (3,90) ^a	63,5 (3,77) ^{ab}	0,0007
MO	2,30 (0,124) ^a	1,82 (0,123) ^b	2,34 (0,236) ^a	1,70 (0,112) ^b	1,61 (0,073) ^b	0,0020
Profundidade de 20 a 40 cm						
DS	1,42 (0,019) ^c	1,54 (0,027) ^b	1,58 (0,011) ^b	1,55 (0,035) ^b	1,66 (0,020) ^a	<0,0001
DP	2,58 (0,049)	2,65 (0,041)	2,52 (0,064)	2,61 (0,027)	2,38 (0,237)	0,4272
VTP	48,3 (1,06) ^a	41,0 (1,35) ^b	35,3 (4,12) ^b	41,0 (0,82) ^b	33,0 (4,63) ^b	0,0003
ARGILA	23,3 (0,95) ^a	18,3 (1,44) ^b	18,5 (0,65) ^b	14,3 (2,02) ^b	16,0 (1,78) ^b	0,0018
SILTE	8,3 (0,85) ^{ab}	12,8 (2,06) ^a	11,5 (1,04) ^a	9,8 (2,78) ^{ab}	6,5 (0,65) ^b	0,0060
AREIA	68,3 (1,38) ^c	69,5 (1,04) ^{bc}	69,8 (1,32) ^{bc}	76,0 (3,14) ^{ab}	77,3 (1,60) ^a	0,0039
MO	1,88 (0,038) ^a	1,50 (0,049) ^b	1,47 (0,069) ^{bc}	1,33 (0,035) ^c	1,05 (0,099) ^d	<0,0001

Média de quadrado mínimo (erro padrão). DS: densidade de solo (g cm³); DP: densidade de partícula (g cm³); PT: porosidade total (cm³); ARGILA: argila no solo (%); SILTE: silte no solo (%); AREIA: areia no solo (%); MO: matéria orgânica (g dm³). ^{a-d}Médias seguidas por uma mesma letra entre as diferentes zonas de manejo (na linha) não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste *t* de Student. P: probabilidade do teste.

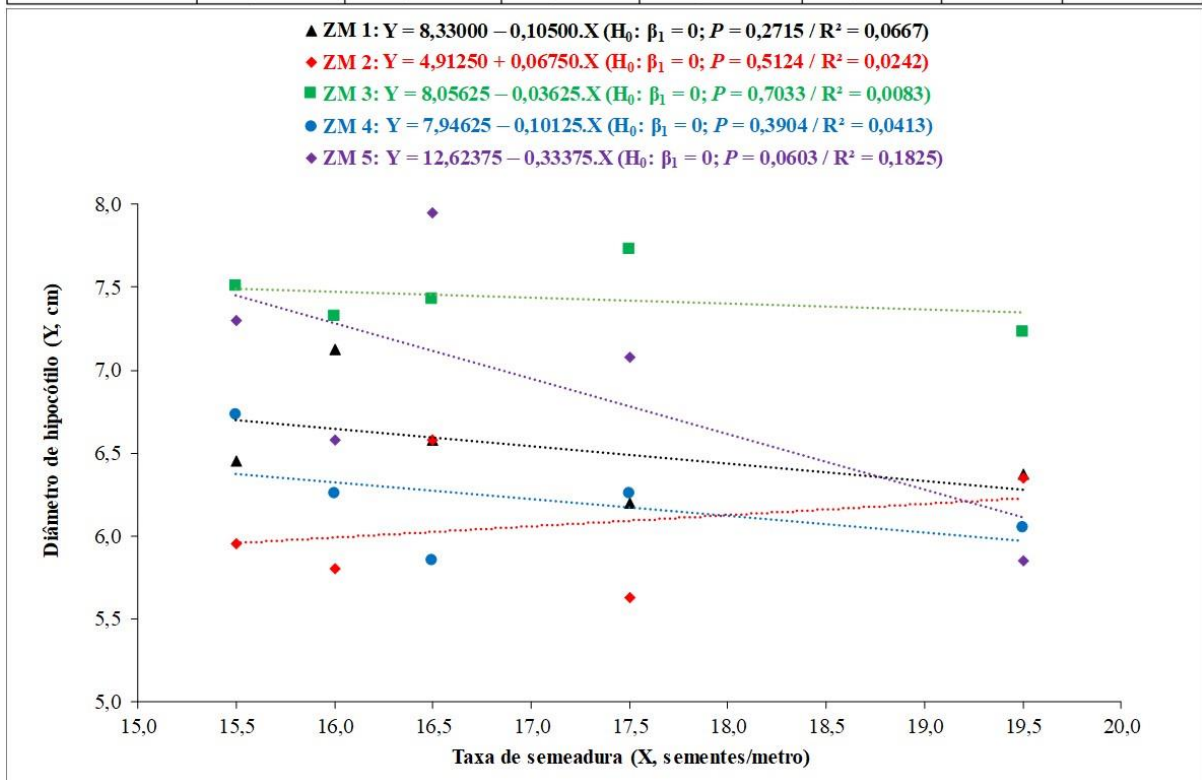
3.2. Parâmetros morfológicos e componentes de rendimento da soja

Uma interação entre taxa de semeadura variável (TS) e zona de manejo (ZM) foi encontrada ($P \leq 0,05$) para diâmetro de hipocótilo (DH), número de nós na haste principal (NN) e número de vagem por planta (NVP), como pode ser observado nas Figuras 3, 4 e 5, respectivamente. Não houve diferença no diâmetro de hipocótilo entre as taxas de semeadura

na ZM 1, 3, 4 e 5, embora uma diferença entre as taxas de semeadura tenha sido detectada na ZM 2 (Figura 3). Todavia, ao testar o modelo linear e quadrático entre as TS na ZM 2, não foi observado coeficientes de regressão de maior grau diferentes de zero ($P > 0,05$), sendo o modelo linear ($R^2 = 0,0242$), o mais simples, escolhido para se obter uma equação (não válida em função do baixo ajuste do modelo): $DH = 4,91250 + (0,06750 \times TS)$.

Figura 3. Desdobramento da interação entre taxa de semeadura e zona de manejo ($P = 0,0465$) sobre o diâmetro de hipocótilo (DH) da soja (cultivar Monsoy 6210 IPRO[®]) sob sistema de cultivo direto e irrigado via pivô central. Fazenda Bom Jesus, Unai/MG, 2024.

Zona de manejo	Taxa de semeadura (sementes/metro)					EP	Valor de P
	15,5	16,0	16,5	17,5	19,5		
ZM 1	6,5 ^{BC}	7,1 ^{AB}	6,6 ^B	6,2 ^{BC}	6,4 ^A	0,27	0,0924
ZM 2	6,0 ^C	5,8 ^C	6,6 ^B	5,6 ^C	6,4 ^A	0,26	0,0384
ZM 3	7,5 ^A	7,3 ^A	7,4 ^A	7,7 ^A	7,2 ^A	0,35	0,8246
ZM 4	6,7 ^{ABC}	6,3 ^{BC}	5,9 ^B	6,3 ^{BC}	6,1 ^A	0,39	0,5359
ZM 5	7,3 ^{AB}	6,6 ^{ABC}	8,0 ^A	7,1 ^{AB}	5,9 ^A	0,49	0,0671
Valor de P	0,0100	0,0038	0,0090	0,0005	0,1269	*****	*****



^{A-C}Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula entre as diferentes zonas de manejo dentro de uma taxa de semeadura (na coluna) não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste t de *Student*. EP: erro padrão; P: probabilidade do teste. Análise de regressão foi aplicada para o fator quantitativo taxa de semeadura dentro de cada zona de manejo a fim de verificar qual modelo (linear ou quadrático) se ajustou melhor aos dados.

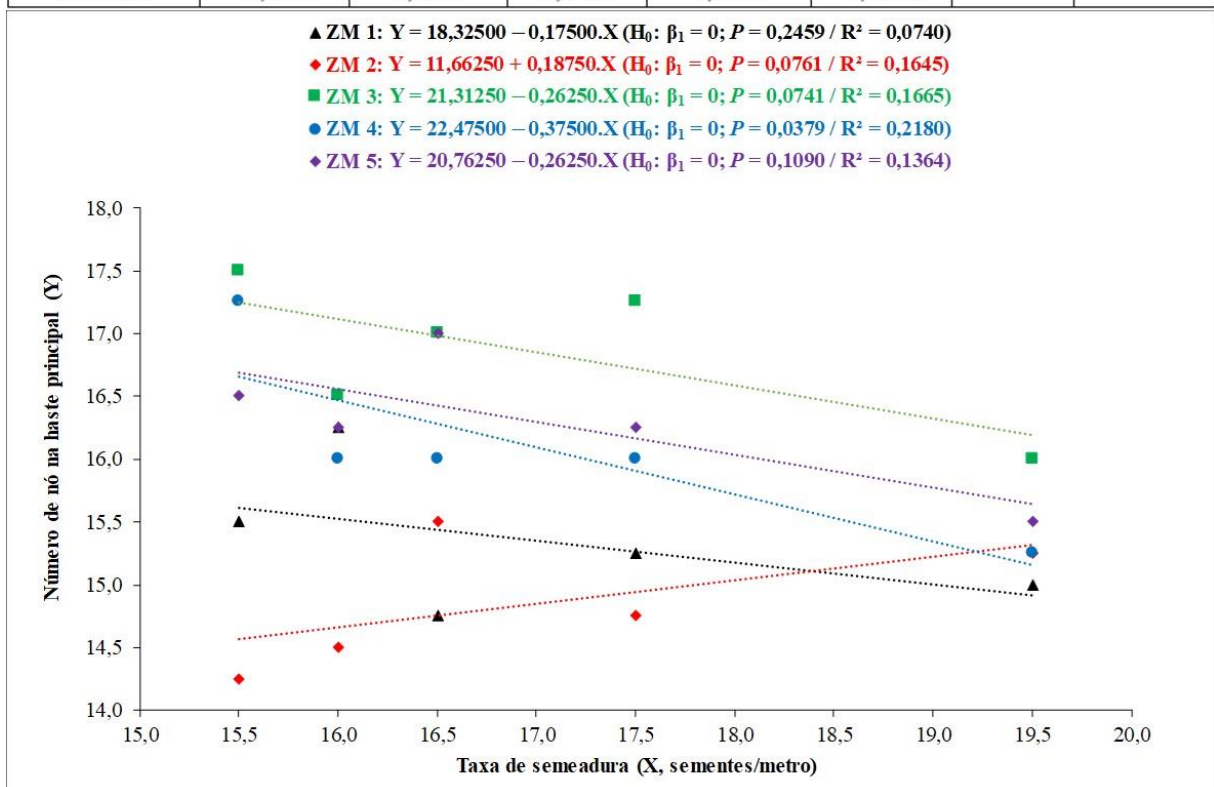
Diferenças no diâmetro de hipocótilo entre as zonas de manejo foram observadas nas taxas de semeadura de 15,5; 16,0; 16,5 e 17,5 sementes/metro, mas não na taxa de semeadura

de 19,5 sementes/metro (Figura 3). Nas taxas de semeadura de 15,5; 16,0; 16,5 e 17,5 sementes/metro, em geral foram observados valores maiores do diâmetro de hipocótilo na ZM 3 quando comparado com a ZM 2. Os valores de diâmetro de hipocótilo nas demais zonas de manejo, ZM 1, 4 e 5, foram similares àqueles encontrados na ZM 2 e/ou 3.

Da mesma forma que aconteceu para diâmetro de hipocótilo, nenhuma diferença ($P > 0,05$) no número de nós na haste principal foi observada entre as taxas de semeadura na ZM 1, 3, 4 e 5, sendo observado uma diferença ($P < 0,05$) entre as taxas de semeadura somente na ZM 2 (Figura 4).

Figura 4. Desdobramento da interação entre taxa de semeadura e zona de manejo ($P = 0,0238$) sobre o número de nó na haste principal (NN) da soja (cultivar Monsoy 6210 IPRO[®]) sob sistema de cultivo direto e irrigado via pivô central. Fazenda Bom Jesus, Unai/MG, 2024.

Zona de manejo	Taxa de semeadura (sementes/metro)					EP	Valor de P
	15,5	16,0	16,5	17,5	19,5		
ZM 1	15,5 ^B	16,3 ^A	14,8 ^B	15,3 ^{BC}	15,0 ^A	0,43	0,1880
ZM 2	14,3 ^C	14,5 ^B	15,5 ^B	14,8 ^C	15,3 ^A	0,27	0,0252
ZM 3	17,5 ^A	16,5 ^A	17,0 ^A	17,3 ^A	16,0 ^A	0,42	0,1426
ZM 4	17,3 ^A	16,0 ^A	16,0 ^{AB}	16,0 ^{AB}	15,3 ^A	0,54	0,1857
ZM 5	16,5 ^{AB}	16,3 ^A	17,0 ^A	16,3 ^{AB}	15,5 ^A	0,51	0,3766
Valor de P	<0,0001	0,0007	0,0025	0,0004	0,5246	*****	*****



^{A-C}Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula entre as diferentes zonas de manejo dentro de uma taxa de semeadura (na coluna) não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste t de *Student*. EP: erro padrão; P: probabilidade do teste. Análise de regressão foi aplicada para o fator quantitativo taxa de semeadura dentro de cada zona de manejo a fim de verificar qual modelo (linear ou quadrático) se ajustou melhor aos dados.

Entre os modelos testados, pôde-se verificar que no modelo linear os valores do número de nós na haste principal tenderam a aumentar ($H_0: \beta_1=0; P=0,0761$) em 0,18750 à medida que se aumentava 1 semente/metro entre as taxas de semeadura de 15,5 e 19,5 sementes/metro na ZM 2. Neste caso, a equação obtida para o número de nó na haste principal em função da taxa de semeadura ($R^2=0,1645$) foi $NN = 11,66250 + (0,18750 \times TS)$ (Figura 4).

Similar as diferenças observadas no diâmetro de hipocótilo, observou-se também diferenças no número de nó na haste principal ($P<0,05$) entre as zonas de manejo nas taxas de semeadura de 15,5; 16,0; 16,5 e 17,5 sementes/metro, com maiores médias de número de nós na haste principal na ZM 3 em relação à ZM 2 (Figura 4). Os valores do NN nas demais zonas de manejo, ZM 1, 4 e 5, novamente foram similares ($P>0,05$) àqueles encontrados na ZM 2 e/ou 3. Já, na taxa de semeadura de 19,5 sementes/metro, nenhuma diferença ($P>0,05$) do número de nós na haste principal entre as zonas de manejo foi encontrada.

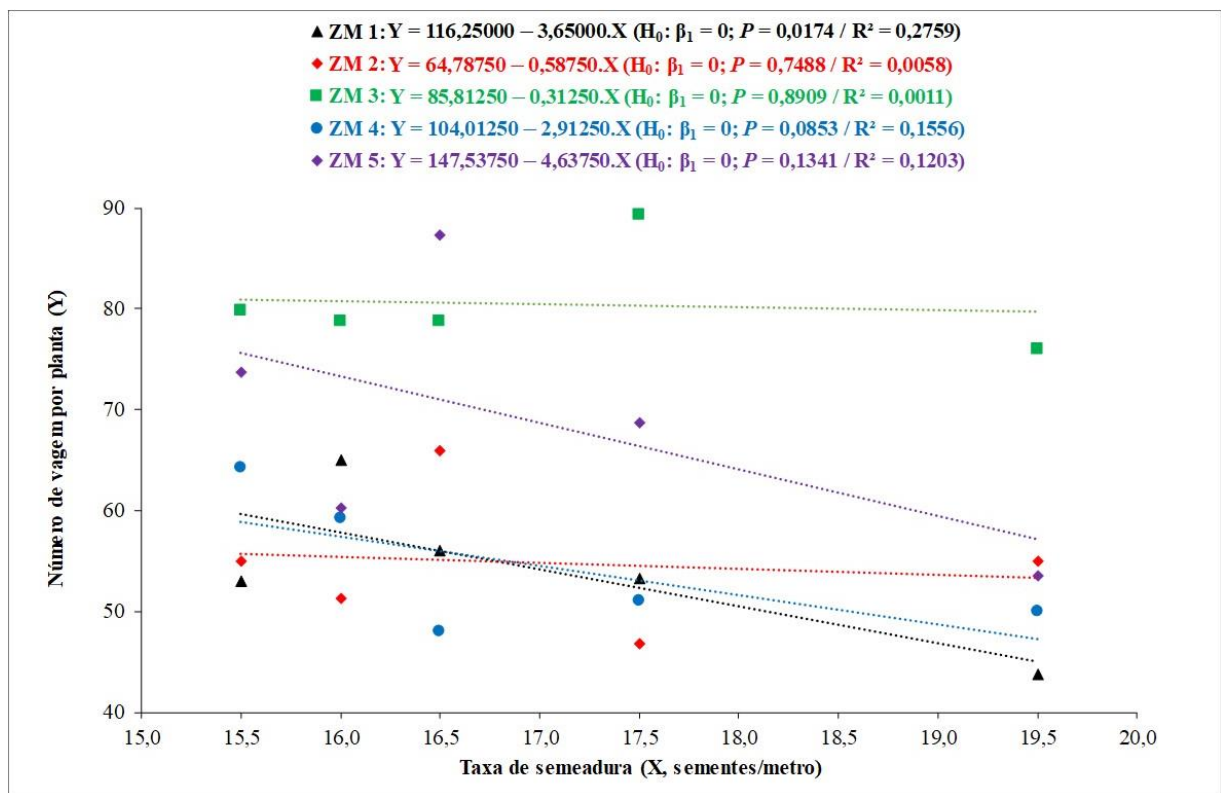
Uma diferença ($P<0,05$) no número de vagens por planta entre as taxas de semeadura foi observada na ZM 1, mas não na ZM 2, 3, 4 e 5 (Figura 5). Dos modelos testados, pôde-se verificar que no modelo linear os valores do número de vagens por planta diminuíram ($H_0: \beta_1=0; P=0,0174$) em 3,65 à medida que se aumentava 1 semente/metro entre as taxas de semeadura de 15,5 e 19,5 sementes/metro na ZM 1. A equação obtida para o número de vagens por planta em função da taxa de semeadura ($R^2=0,2759$) foi $NVP = 116,25000 - (3,65000 \times TS)$.

Em todas as taxas de semeadura, diferenças no número de vagens por planta ($P<0,05$) entre as zonas de manejo foram observadas (Figura 5). Nas taxas de semeadura de 15,5; 16,0; 17,5 e 19,5 sementes/metro, foram observados os maiores ($P<0,05$) valores do número de vagens por planta na ZM 3 e os menores ($P<0,05$) valores na ZM 2, enquanto os valores do número de vagem por planta nas demais zonas de manejo, ZM 1, 4 e 5, foram semelhantes ($P>0,05$) àqueles encontrados na ZM 2 e/ou 3. Já, na taxa de semeadura de 16,5 sementes/metro, foram observados os maiores ($P<0,05$) valores do número de vagens por planta na ZM 5 e os menores ($P<0,05$) valores na ZM 4, enquanto os valores do número de vagem por planta nas demais zonas de manejo, ZM 1, 2 e 3, foram os mesmos ($P>0,05$) daqueles encontrados na ZM 4 e/ou 5.

Figura 5. Desdobramento da interação entre taxa de semeadura e zona de manejo ($P = 0,0502$) sobre o número de vagens por planta (NVP) da soja (cultivar Monsoy 6210 Ipro[®]) sob sistema de cultivo direto e irrigado via pivô central. Fazenda Bom Jesus, Unaí/MG, 2024.

Zona de manejo	Taxa de semeadura (sementes/metro)					EP	Valor de P
	15,5	16,0	16,5	17,5	19,5		
ZM 1	53,0 ^B	65,0 ^{AB}	56,0 ^{CD}	53,3 ^{BC}	43,8 ^B	4,05	0,0177
ZM 2	55,0 ^B	51,3 ^C	66,0 ^{BC}	46,8 ^C	55,0 ^B	4,72	0,0845
ZM 3	79,8 ^A	78,8 ^A	78,8 ^{AB}	89,3 ^A	76,0 ^A	7,60	0,7513
ZM 4	64,3 ^{AB}	59,3 ^{BC}	48,0 ^D	51,0 ^{BC}	50,0 ^B	4,97	0,1148
ZM 5	73,8 ^A	60,3 ^{ABC}	87,3 ^A	68,8 ^{AB}	53,5 ^B	8,83	0,1125
Valor de P	0,0154	0,0439	0,0008	0,0004	0,0123	*****	*****

...continuação Figura 5.



^{A-C}Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula entre as diferentes zonas de manejo dentro de uma taxa de semeadura (na coluna) não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste t de *Student*. EP: erro padrão; P: probabilidade do teste. Análise de regressão foi aplicada para o fator quantitativo taxa de semeadura dentro de cada zona de manejo a fim de verificar qual modelo (linear ou quadrático) se ajustou melhor aos dados.

Nenhum efeito principal ($P > 0,05$) de taxa de semeadura foi encontrado para os caracteres morfológicos e componentes de rendimento da soja, com exceção ($P < 0,05$) apenas para o número de vagens por planta (Tabela 3). Todavia, como uma interação ($P = 0,0502$) entre taxa de semeadura e zona de manejo foi observada para o número de vagens por planta (Figura 5) e, também, como o estudo da interação entre os fatores é mais importante do que o estudo dos fatores principais, não foi aplicada análise de regressão para o número de vagens por planta em função das taxas de semeadura, independente da zona de manejo.

Tabela 3. Efeito das taxas de semeadura sobre caracteres morfológicos e componentes de rendimento da soja (cultivar Monsoy 6210 Ipro[®]) sob sistema de cultivo direto e irrigado via pivô central. Fazenda Bom Jesus, Unaí/MG, 2024.

Variável	Taxa de semeadura (sementes/metro)					EP	Valor de P
	15,5	16,0	16,5	17,5	19,5		
REP	2,9	4,7	5,0	6,0	5,3	1,21	0,4419
ACD	1,0	1,0	1,0	1,0	2,0	0,36	0,0635 [†]
ALTP	74,2	75,8	76,0	75,0	78,4	1,32	0,2261
DH	6,8	6,6	6,9	6,6	6,4	0,16	0,1449
AIV	12,1	11,3	12,2	11,3	12,0	0,41	0,3350
NN	16,2	15,9	16,1	15,9	15,4	0,20	0,0689
NVP	65,2	62,9	67,2	61,8	55,7	2,82	0,0439 [‡]
NVM	1622	1668	1481	1656	1751	84,6	0,2592
NGV	2,7	2,7	2,6	2,7	2,6	0,03	0,7976
PMS	154,3	157,1	154,8	155,6	160,3	2,57	0,3245
PROD	4579	4675	4311	4626	4655	119,2	0,1283

REP: porcentagem de redução de estande de plantas ($\text{Stand Inicial} \div \text{Stand Final} \times 100$); ACD: pontuação de plantas acamadas (escore de 1 a 5); ALTP: altura da planta (cm); DH: diâmetro de hipocótilo (cm); AIV: altura da inserção da 1ª vagem (cm); NN: número de nó na haste principal; NVP: número de vagem por planta; NVM: número de vagens por metro quadrado; NGV: número de grãos por vagem; PMS: peso de mil sementes (gramas); PROD: produtividade (Kg ha^{-1}). [†]Como ACD não apresentou uma distribuição normal ($P < 0,0001$, teste do Shapiro-Wilk), mesmo após transformações, os dados foram analisados por meio do teste não paramétrico de Kruskal-Wallis e, por isso, foram apresentados valores de mediana e erro padrão da mediana. [‡]Como para NVP foi detectado ($P = 0,0502$) interação significativa entre zona de manejo e taxa de semeadura (Figura 3), o efeito principal significativo ($P = 0,0439$) de taxa de semeadura para esta variável não foi explorado e, por sua vez, a análise de regressão para verificar qual modelo (linear ou quadrático) se ajustou melhor aos dados não foi realizada.

Por sua vez, um efeito principal ($P < 0,05$) de zona de manejo foi encontrado para a maioria dos caracteres morfológicos e componentes de rendimento da soja, mas não ($P > 0,05$) para número de vagens por metro quadrado, número de grãos por vagem, massa de mil sementes e produtividade (Tabela 4). Embora uma interação ($P \leq 0,05$) entre taxa de semeadura e zona de manejo foi observada para diâmetro de hipocótilo, número de nó na haste principal e número de vagens por planta (Figura 3, 4 e 5), o efeito principal de zona de manejo para estas variáveis foi estudado, pois poderia ajudar a explicar as demais variáveis que também sofreram influência da zona de manejo.

Os valores médios de redução de estande de plantas, diâmetro de hipocótilo, número de nó na haste principal e número de vagens por planta nas ZM 3 e 5 foram maiores ($P < 0,05$) quando comparado com aqueles encontrados na ZM 1, 2 e 4 (Tabela 4). Já, os valores medianos para pontuação de plantas acamadas e os valores médios para altura da planta foram maiores nas ZM 4 e 1, enquanto a maior média de altura da inserção da 1ª vagem foi encontrada nas

plantas da ZM 2 (Tabela 4). Em geral, as maiores médias de diâmetro do hipocótilo, número de vagens por metro quadrado e número de grãos por vagem foram encontrados na ZM 3.

Tabela 4. Efeito das zonas de manejo sobre caracteres morfológicos e componentes de rendimento da soja (cultivar Monsoy 6210 Ipro[®]) sob sistema de cultivo direto e irrigado via pivô central. Fazenda Bom Jesus, Unai/MG, 2024.

Variável	Zona de manejo (ZM)					Valor de P
	ZM 1	ZM 2	ZM 3	ZM 4	ZM 5	
REP	3,9 (1,00) ^{bc}	3,2 (1,02) ^{bc}	7,7 (1,43) ^a	2,6 (0,70) ^c	6,5 (1,65) ^{ab}	0,0249
ACD	1,5 (0,36) ^{ab}	1,0 (0,36) ^b	1,0 (0,36) ^b	2,0 (0,36) ^a	1,0 (0,36) ^b	<0,0001 [†]
ALTP	78,9 (1,63) ^{ab}	73,9 (1,43) ^c	76,1 (1,39) ^{bc}	81,5 (0,85) ^a	69,1 (1,13) ^d	<0,0001
DH	6,5 (0,18) ^{bc}	6,1 (0,18) ^c	7,4 (0,21) ^a	6,2 (0,22) ^c	7,0 (0,26) ^{ab}	0,0015 [‡]
AIV	11,8 (0,45) ^b	13,2 (0,38) ^a	10,9 (0,30) ^b	11,3 (0,41) ^b	11,6 (0,49) ^b	0,0012
NN	15,4 (0,19) ^c	14,9 (0,12) ^d	16,9 (0,19) ^a	16,1 (0,24) ^b	16,3 (0,23) ^{ab}	<0,0001 [‡]
NVP	54,2 (2,50) ^c	54,8 (2,72) ^c	80,5 (3,81) ^a	54,5 (2,81) ^c	68,7 (4,31) ^b	0,0003 [‡]
NVM	1602 (56,5)	1628 (83,7)	1697 (79,8)	1542 (101,6)	1707 (94,3)	0,6736 ^{ns}
NGV	2,7 (0,04)	2,6 (0,03)	2,7 (0,03)	2,6 (0,04)	2,6 (0,03)	0,0633 ^{ns}
PMS	159,3 (4,15)	156,2 (3,34)	157,3 (3,86)	156,5 (3,17)	152,8 (3,71)	0,8261 ^{ns}
PROD	4653 (161,1)	4632 (142,4)	4584 (135,1)	4512 (151,2)	4466 (175,7)	0,9115 ^{ns}

REP: porcentagem de redução de estande de plantas (Stand Inicial ÷ Stand Final × 100); ACD: pontuação de plantas acamadas (escore de 1 a 5); ALTP: altura da planta (cm); DH: diâmetro de hipocótilo (cm); AIV: altura da inserção da 1ª vagem (cm); NN: número de nó na haste principal; NVP: número de vagem por planta; NVM: número de vagens por metro quadrado; NGV: número de grãos por vagem; PMS: peso de mil sementes (gramas); PROD: produtividade (Kg ha⁻¹). [†]Como ACD não apresentou uma distribuição normal ($P < 0,0001$, teste do Shapiro-Wilk), mesmo após transformações, os dados foram analisados por meio do teste não paramétrico de Kruskal-Wallis e, por isso, foram apresentados valores de mediana e erro padrão da mediana, onde as diferenças entre as medianas foram testadas pelo método *post hoc* de Dwass, Stell, Critchlow-Fligner (DSCF). [‡]Embora interação significativa entre zona de manejo e taxa de semeadura foi detectada para DH ($P = 0,0465$), NN ($P = 0,0238$) e NVP ($P = 0,0502$), como pôde ser observado respectivamente na Figura 1, 2 e 3, o efeito principal ($P \leq 0,05$) de zona de manejo para estas variáveis foi explorado por teste de médias para tentar ajudar a explicar efeito significativo de zona de manejo em outras variáveis (REP, ACD, ALTP e AIV). ^{a-d}Médias seguidas por uma mesma letra entre as diferentes zonas de manejo não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste t de Student. ^{ns}não significativo.

4. DISCUSSÃO

4.1. Atributos do solo nas diferentes zonas de manejo

Solos arenosos são geralmente muito permeáveis, porém, em razão do menor teor de matéria orgânica e argila, importantes na agregação de partículas, durante uma chuva forte pode acontecer escoamento superficial e o impacto das gotas podem ocasionar grande perda de solo

devido à baixa coerência entre as partículas (TOY et al., 2002). A ZM 5 corresponde a área mais arenosa e com menor teor de matéria orgânica, e está localizada na área de maior declividade da gleba (observação visual). Logo após a semeadura ocorreu uma forte chuva e dentro de poucos minutos choveu aproximadamente 26,8 mm na área, a qual ocasionou grande perda por escoamento superficial nesta ZM, fazendo necessário o replantio de uma parte dos tratamentos.

Esse fato enfatiza a importância de práticas conservacionistas como a manutenção de cobertura morta na superfície do solo das áreas cultivadas com soja semente, uma vez que melhora a taxa de infiltração de água no solo, mantém a umidade do solo por mais tempo, reduz a amplitude térmica e contribui para o desenvolvimento das culturas e a redução do escoamento superficial e da erosão (LIMA et al., 2020; LIMA et al., 2015; BORGES et al., 2014; MONTENEGRO et al., 2013a; 2013b; SHEN et al., 2012; SANTOS et al., 2011; SANTOS, et al., 2010). Principalmente nas zonas mais arenosas e declivosas dos terrenos, pois estão passíveis a maiores perdas por escoamento superficial, que levam a consequente perda de nutrientes, sementes e eleva o custo de produção quando há a necessidade de replantio das áreas.

Apesar de solos arenosos serem mais passíveis de perda, alguns estudos demonstram que ao correlacionar a produtividade da soja com a variabilidade espacial da textura do solo, as maiores produtividades da soja foram obtidas nas áreas onde havia maior porcentagem de areia no solo (INACIO; CORTEZ, 2023; BEDIN et al., 2003). Outros autores afirmam que a textura do solo e propriedades como condutividade elétrica aparente, pH e nutrientes do solo tem correlação positiva com o rendimento das culturas (WANG et al., 2018; PERALTA et al., 2015) e são as bases para delinear as ZM (ALBORNOZ et al., 2017).

Portanto é fundamental conhecer os atributos do solo para verificar o possível efeito dessas características nos parâmetros morfológicos e nos componentes de rendimento da soja.

4.2. Parâmetros morfológicos e componentes de rendimento da soja

Alguns autores afirmam que a semeadura em taxa variada (STV) pode aumentar o rendimento das culturas, reduzindo o consumo de sementes. O desenvolvimento das culturas e o potencial de rendimento podem variar em diferentes áreas de um campo e, assim a STV é um método de vincular as quantidades de sementes a uma área específica, aumentando assim o rendimento das culturas e os lucros da produção. Ao implementar práticas de STV, os agricultores podem gerir melhor os riscos agrícolas e concentrar-se mais no investimento em áreas com maior potencial de retorno (ŠARAUSKIS, 2022).

O conceito de que o aumento no número de plantas por área automaticamente resulta em aumento de produtividade, tem levado vários produtores a optarem pelo plantio adensado (PETTER *et al.*, 2016). Porém, quando a população de plantas aumenta, o número de vagens por planta pode diminuir devido à redução da ramificação por competição, que acontece em virtude de alterações morfológicas nas plantas que provocam mudanças na localização e número de vagens (EPLER; STAGGENBORG, 2008). Entretanto, esse aumento do número de plantas pode ser suficiente para compensar a diminuição do rendimento por planta (LINDSEY *et al.*, 2015; van ROEKEL; COULTER, 2011). O ponto em que, o rendimento ganho com a adição de plantas é compensado pelo rendimento perdido com a redução por planta pode ser considerado como a taxa ótima de sementes (LINDSEY *et al.*, 2018).

Deve-se considerar também que altas densidades de semeadura, apesar de proporcionarem boa interceptação da radiação fotossinteticamente ativa (RFA), não garantem que esta se distribua uniformemente ao longo do dossel, uma vez que geralmente ela fica concentrada nas folhas superiores, assim a baixa incidência de radiação no dossel inferior pode comprometer a produção energética da planta. Em contrapartida, baixas densidades comprometem a capacidade de interceptação e aproveitamento desta radiação (PETTER *et al.*, 2016). Esse fato pode ser agravado ao se considerar a importância da contribuição do dossel inferior na produção de vagens e produtividade, que pode representar 35% a 45% do total produzido por uma planta de soja (BAHRY *et al.* 2014; RAMBO *et al.* 2004).

Portanto, controlar a densidade de plantas na área é a melhor forma de garantir um melhor aproveitamento da RFA (PETTER *et al.*, 2016), a qual pode ser revertida em maior produtividade, sem aumentos excessivos no custo de produção.

Os resultados deste trabalho mostram que, no geral a adequação da taxa de sementes de acordo com a zona manejada não proporcionou melhoras significativas nos parâmetros morfológicos e componentes de rendimento da soja. Esperava-se que, nas Zonas de Manejo (ZM) menos férteis, (ZM 4 e 5) as maiores populações (17,5 e 19,5 plantas m^{-1}) proporcionassem uma melhora principalmente nos componentes de rendimento da soja, como aumento em produtividade, massa de grãos e número de grãos por vagem. Todavia esse aumento não ocorreu, e além de não ocorrer interação significativa entre esses dois fatores, também não houve efeito isolado sobre esses parâmetros de rendimento.

Esses resultados eram esperados a princípio pois, na cultura da soja é comum a adoção de menores densidades de sementes em zonas de elevada produtividade ou zonas mais férteis do terreno, e maiores densidades em zonas menos produtivas ou menos férteis (CARCIOCHI *et al.*, 2019; GASPAR *et al.*, 2020). Ademais, de acordo com trabalho de campo realizado em

diferentes ZM no Sul do Brasil, envolvendo mais de 2 mil unidades experimentais de cultivo de soja nas safras 2012/2013 e 2016/2017, foi verificado que a taxa de semeadura nos ambientes de alta produtividade (mais férteis) podem ser reduzidas em até 18% comparada àquelas de baixa produtividade (menos férteis) sem comprometer o rendimento da soja (CORASSA *et al.*, 2018). Ainda de acordo com os autores, existe uma baixa probabilidade de aumento da produtividade quando as taxas de semeadura estão acima de 330 mil sementes ha^{-1} , (15 sementes por metro) independentemente do ambiente.

Várias pesquisas ao longo dos anos avaliaram diferentes taxas de semeadura na cultura da soja, e verificaram comportamentos diferentes tanto quanto aos parâmetros morfológicos quanto aos componentes de rendimento, principalmente com relação à produtividade. Em grande parte destes trabalhos, o aumento da densidade de plantas não resultou em alterações fenotípicas de grande impacto e nem em aumento de produtividade. Em relação à produtividade, para a maioria desses autores, a ausência de diferença em produtividade pode ser atribuída à grande plasticidade das plantas de soja (FERREIRA *et al.*; 2020; BALBINOT JUNIOR *et al.*; 2018; WERNER *et al.*, 2016; KUMAGAI *et al.*; 2015; BALBINOT JUNIOR *et al.*, 2015a; COX *et al.*, 2010; HEIFFIG *et al.*, 2010). Esses estudos não envolveram o estudo de diferentes zonas de manejo, apenas do fator taxa de semeadura.

França *et al.*, (2021) avaliando três cultivares de soja com hábitos de crescimento diferentes em função de cinco taxas de semeadura (180; 220; 280 e 320 mil plantas ha^{-1} , que correspondem a 8; 10; 12,5 e 16 plantas por metro) em campos de produção de sementes, não encontraram diferença na produtividade de sementes em função da variação da população de plantas. Entretanto, o parâmetro morfológico altura de plantas (AP), e os componentes de rendimento número de sementes por planta (NSP), número de vagens por planta (NVP) e a massa de mil sementes (MMS) foram alteradas de acordo com a população de plantas (FRANÇA *et al.*, 2021).

O aumento da população de plantas favorece o crescimento da altura apical da planta, independente da cultivar manejada, o aumento da densidade aumenta a altura final da planta, devido à competição intraespecífica por luz. (SOUZA *et al.*, 2016; FERREIRA *et al.*, 2016). No entanto, neste trabalho não houve diferenças na AP e MMS em função da taxa de semeadura ou zona de manejo. Em contrapartida, o NSP e o NVP foram menores com o aumento da taxa de semeadura.

De acordo com Ribeiro *et al.*, (2017), independentemente da cultivar de soja avaliada a utilização das densidades de semeadura (300, 400, 500 e 600 mil plantas por hectare, que equivalem a 13,5; 18,0; 22,5 e 27,0 sementes por metro) não afetou a produtividade de grãos, a

altura das plantas, o acamamento e o número de grãos por vagem. Petter *et al.* (2016) avaliaram as densidades de 8, 12, 16, 20 e 24 sementes por metro no estado do Piauí e verificaram que densidades acima de 16 plantas não proporcionam ganhos em produtividade. Ainda de acordo com os autores, as decisões sobre a taxa de semeadura não podem ser apoiadas apenas nas análises de desempenho agrônômico, mas também através da dinâmica da RFA no dossel como avaliado por eles.

Soares *et al.* (2015) estudaram a interação entre quatro populações de plantas (100, 200, 300 e 400 mil plantas ha^{-1}) e seis cultivares de soja, não constataram influência da taxa de semeadura na produtividade final. Estes resultados são condizentes aos de Heiffig *et al.* (2010) que ao empregarem cinco populações de plantas (70, 140, 210, 280 e 350 mil plantas ha^{-1}) também não observaram influência deste fator na produção final da cultivar MG/BR 46 Conquista.

É possível também encontrar na literatura resultados de trabalhos divergentes dos encontrados nesta pesquisa. Ferreira *et al.* (2019) testaram o efeito de diferentes espaçamentos entre fileiras e três densidades de semeadura (150, 300 e 450 mil sementes ha^{-1}) sobre os componentes de rendimento de duas cultivares de soja no estado do Paraná. O espaçamento tradicional de 0,5 m entre linhas e a maior densidade de 450 mil sementes ha^{-1} (20 sementes por metro) proporcionaram os maiores rendimentos das cultivares, indicando à medida que se aumenta a taxa de semeadura, se aumenta também a produtividade. Os autores também observaram que o NGV não foi influenciado pelo arranjo espacial das plantas. Outro estudo, porém, as menores densidades (entre 200 e 300 mil sementes ha^{-1}) proporcionaram as maiores produtividades (CAMICIA *et al.*, 2018).

Silva *et al.*, (2022) avaliaram a semeadura em taxa variável de soja na região do cerrado de acordo com os atributos do solo e os resultados também divergem desta pesquisa. De acordo com os autores, as áreas com maior teor de argila deveriam receber as maiores taxas de semeadura de soja, dessa forma recomendam a utilização da condutividade elétrica aparente do solo (não avaliada nesta pesquisa) e o teor de argila para estabelecimento do estande de soja devido à sua relação com a produtividade de grãos, uma vez que maiores taxas de semeadura proporcionaram maiores produtividades.

Quando houve interação significativa para as variáveis diâmetro de hipocótilo (DH), número de nós na haste principal (NN) e número de vagens por planta (NVP), não foram encontrados modelos de regressão que se ajustassem aos dados. Todavia é importante ressaltar que, os maiores valores de DH e NN foram encontrados na ZM 3, caracterizada como uma zona intermediária tanto em fertilidade quanto em textura (Franco Arrosa Argilosa), para todas as

taxas de semeadura, com exceção da taxa mais alta (19,5 plantas m⁻¹). E as maiores médias de NVP foram encontradas na ZM5, considerada como menos fértil e mais arenosa (Franco Arenosa) e na ZM3, ambos para a taxa de semeadura intermediária (16,5 plantas m⁻¹). No entanto, as variações dos atributos do solo como granulometria, densidade e MO, o uso de taxa variável de sementes influencia em parâmetros morfológicos, como DH e NN e de rendimento, NVP, na soja. Essas pequenas diferenças não foram suficientes para provocar aumentos significativos em produtividade de sementes.

O número de nós por planta é um dos principais parâmetros para avaliação da plasticidade fenotípica de uma cultivar de soja (WERNER et al., 2016) e o fator taxa de semeadura tem muita influência na plasticidade de cultivares de soja e conseqüentemente relação com a produtividade final (BALBINOT JUNIOR et al., 2018; KUMAGAI et al.; 2015). Todavia, não se pode afirmar com clareza uma futura produção baseada no comportamento desta variável, visto que a planta da soja pode produzir um grande número de ramos, porém com tamanhos pequenos e baixo rendimento de sementes, ou mesmo improdutivos (BALBINOT JUNIOR et al., 2015a; BALBINOT JUNIOR et al., 2015b). França et al., (2021) verificaram que o NN e o DH reduziram à medida que houve um adensamento de plantas na área. Na presente pesquisa, essa mesma tendência foi observada para esses três parâmetros, todavia, o maior efeito nas médias foi em função das ZM e não da taxa de semeadura.

Taxas de semeadura acima de 16 plantas por metro (PETTER *et al.*, 2016), 22,5 e 27,0 sementes por metro (RIBEIRO et al., 2017) por exemplo, não proporcionam ganhos em produtividade e, de outro modo, pode onerar demasiadamente os custos de produção em função do maior gasto de sementes, inoculantes, fertilizantes e defensivos agrícolas (CORASA et al., 2018; PETTER *et al.*, 2016; SILVA *et al.*, 2015; BALBINOT JUNIOR *et al.*, 2015a). Em contrapartida, baixas densidades (8 plantas por metro) comprometem a capacidade de interceptação e aproveitamento da radiação fotossinteticamente ativa (PETTER *et al.*, 2016), podendo comprometer a produtividade.

Portanto, nas condições em que esta pesquisa foi desenvolvida, a utilização da tecnologia de semeadura em taxa variável em campos de produção de sementes de soja não proporcionou diretamente aumento no rendimento de sementes de soja, mas em diferentes condições de solo a STV pode proporcionar alteração na performance das plantas de soja como verificado no diâmetro do hipocótilo, número de nó e número de vagem por planta.

A continuidade desses estudos é necessária, testando outras cultivares com diferentes ciclos e tipos de crescimento, em diferentes regiões agricultáveis a fim de verificar se os dados seguirão a mesma tendência. O genótipo influencia diretamente nas respostas às diferentes

densidades de semeadura, ou seja, algumas cultivares apresentam melhor desempenho em altas populações, enquanto outras apresentam melhor desempenho em menores densidades (WERNER et al., 2016; FERREIRA et al., 2016; PROCÓPIO et al., 2014; DUTRA et al., 2007). As características agronômicas das cultivares de soja variam de acordo com os genótipos, e essas expressões fenotípicas podem ser alteradas de acordo com a população de plantas (FRANÇA, et al., 2021).

Por fim, é importante ressaltar que, a agricultura de precisão tem inúmeras vantagens, principalmente no que se refere a correção de solo e uniformização da fertilidade das áreas de produção, nas pulverizações em taxa variável para controle de plantas daninhas. Entretanto, quanto a semeadura em taxa variável de sementes de soja, esta tecnologia não apresentou grandes diferenças entre a técnica convencional de semeadura em taxa fixa.

5. CONCLUSÕES

Nas condições desta pesquisa a semeadura em taxa variada em campos de produção de sementes de soja não proporciona aumento significativo na produtividade de sementes.

Há diferenças nos parâmetros morfológicos (diâmetro do hipocótilo) e nos componentes de rendimento (número de vagens por planta e número de nó) da soja na zona de manejo com textura franco-argilosa-arenosa, independente da taxa de semeadura.

A semeadura de 15,5 sementes m^{-1} nas condições deste estudo proporciona redução da quantidade de sementes para a semeadura sem afetar o desempenho das plantas de soja e da produção de sementes.

REFERÊNCIAS

- ALBORNOZ, E. M.; KEMERER, A. C.; GALARZA, R.; MASTAGLIA, N.; MELCHIORI, R.; MARTÍNEZ, C. E. Development and evaluation of an automatic software for management zone delineation. **Precision Agriculture**, v. 19, p. 463–476, 2018. <https://doi.org/10.1007/s11119-017-9530-9>.
- ANSELMINI, A. A.; MOLIN, J. P.; BAZAME, H. C.; CORREDO, L. P. Definition of optimal maize seeding rates based on the potential yield of management zones. **Agriculture**, v. 11, p. 1-16, 2021.
- BALBINOT JÚNIOR, A. A.; OLIVEIRA, M. C. N.; ZUCARELLI, C.; FERREIRA, A. S.; WERNER, F.; SILVA, M. A. A. Analysis of phenotypic plasticity in indeterminate soybean cultivars under different row spacing. **Australian Journal of Crop Science**, v. 12, n. 04, p. 648- 654, 2018.
- BALBINOT JUNIOR, A. A.; PROCÓPIO, S. O.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C. **Densidade de plantas na cultura da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2015a. 36 p. (Documentos / Embrapa Soja, ISSN 2176-2937; n. 364).
- BALBINOT JUNIOR, A.A.; PROCÓPIO, S.O.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; PANISON, F. Semeadura cruzada em cultivares de soja com tipo de crescimento determinado. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 3, p. 1215-1226, 2015b.
- BAHRY, C. A., NANDINO, M., VENSKE, E., FIN, S. S., ZIMMER, P. D., SOUZA, V. Q.; CARON, B. O. Efeito do nitrogênio suplementar sobre os componentes de rendimento da soja em condição de estresse hídrico. **Revista Ceres**, v. 61, p. 155-160, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-737X2014000200019>.
- BAZZI, C. L.; SOUZA, E. G.; KONOPATZKI M. R.; NÓBREGA L. H. P.; URIBE-OPAZO, M. A. Management zones applied to pear orchard. **International Journal of Food Agriculture and Environment**, v. 13, n. 1, p. 86-92, 2015.
- BEDIN, I.; FURTINI NETO, A. E.; RESENDE, A. V.; FAQUIN, V.; TOKURA, A. M.; SANTOS, J. Z. L. Fertilizantes fosfatados e produção da soja em solos com diferentes capacidades tampão de fosfato. **Revista de Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 639-646, 2003.
- BERNARD, R. L.; CHAMBERLAIN, D. W.; LAWRENCE, R. D. (Eds.). **Result of the cooperative uniform soybeans tests**. Washington: USDA, p.134, 1965.
- BORGES, T.K.S.; MONTENEGRO, A.A.A.; SANTOS, T.E.M.; SILVA, D.D.; SILVA JÚNIOR, V.P. Influência de práticas conservacionistas na umidade do solo e no cultivo do milho (*Zea mays* L.) em semiárido nordestino. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 6, p. 1862-1873, 2014. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832014000600021>.
- CAMICIA, R. G. M.; MAGGI, M. F.; SOUZA, E. G.; BAZZI, C. L.; KONOPATZKI, E. A.; MICHELON, G. K.; PINHEIRO, J. B. S. Productivity of soybean in management zones with application of different sowing densities. **Ciência Rural**, v. 48, n. 12, e20180532, 2018. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20180532>.

CARCIOCHI, W. D.; SCHWALBERT, R.; ANDRADE, F. H.; CORASSA, G.M.; CARTER, P.; GASPAS, A. P.; SCHMIDT, J.; CIAMPITTI, I. A. Soybean seed yield response to plant density. **Agronomy Journal**, v. 111, p. 1–10, 2019.

CHEN, S.; DU, T.; WANG, S.; PARSONS, D.; WU, D.; GUO, X.; LI, D. Quantifying the effects of spatial-temporal variability of soil properties on crop growth in management zones within an irrigated maize field in Northwest China. **Agricultural Water Management**, v. 244. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106535>.

CLIMATEMPO. **Climatologia e histórico de previsão do tempo em Unaí, BR**. Disponível em: <https://www.climatempo.com.br/climatologia/205/unai-mg>. Acesso em: 3 de jun. 2023.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra brasileira de grãos**. Brasília, DF: CONAB, v. 11, safra 2023/24, n. 3, dezembro, 2023. 137 p. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/graos>. Acesso em: 07 jan. 2024.

CORASSA, G. M.; AMADO, T. J. C.; STRIEDER, M. L.; SCHWALBERT, R.; PIRES, J. L. F., CARTER, P. R.; CIAMPITTI, I. A. Optimum soybean seeding rates by yield environment in southern Brazil. **Agronomy Journal**, v. 110, p. 2430-2438, 2018.

COX, W. J.; CHERNEY, J. H. Growth and yield responses of soybean to row spacing and seeding rate. **Agronomy Journal**, v. 103, p. 123-128, 2011.

DUTRA, L. M. C.; LUDWIG, M. P.; LUCCA FILHO, O. A.; ZABOT, L.; LISBOA, J. I.; UHRY, D.; ZABOT, M.; JAUER, A.; STRECK, R. D. População de plantas em soja. In. Reunião de pesquisa de soja da região Sul, n. 35, 2007, Santa Maria, RS. **Anais...** Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2007, p. 95.

FARIAS, J. R. B.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N. **Ecofisiologia da Soja**. 1. ed. Londrina - PR: EMBRAPA, 2007. 9 p.

FERREIRA, A. S., ZUCARELI, C., WERNER, F., FONSECA, I. C. B.; BALBINOT JUNIOR, A. A. Minimum optimal seeding rate for indeterminate soybean cultivars grown in the tropics. **Agronomy Journal**, v. 112, n. 3, p. 2092–2102, 2020. <https://doi.org/10.1002/agj2.20188>.

FERREIRA, A. S.; BALBINOT JUNIOR, A. A. B.; WERNER, F.; ZUCARELI, C. Yield performance of soybean cultivars with indeterminate growth habits in response to plant spatial arrangement. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 40, n. 6, suplemento 2, p. 2905-2916, 2019.

FERREIRA, A. S.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; WERNER, F.; ZUCARELI, C.; FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H. Plant density and mineral nitrogen fertilization influencing yield, yield components and concentration of oil and protein in soybean grains. **Bragantia**, v. 75, n. 3, p. 362- 370, 2016.

FRANÇA, E. E.; SILVA, G. C.; ARAÚJO, M. E. V.; TEIXEIRA, I. R. T.; CORRÊA, P. C.; SILVA, A. G. Agronomic and physiological characteristics of soybean cultivars and their seeds according to plant population. **Agronomía Colombiana**, v. 39, n. 2, p. 177-186, 2021.

GASPAR, A. P.; MOURTZINIS, S.; KYLE, D.; GALDI, E.; LINDSEY, L. E.; HAMMAN, W. P.; MATCHAM, E. G.; KANDEL, H. J.; SCHMITZ, P.; STANLEY, J. D.; SCHMIDT, J. P.; MUELLER, D. S.; NAFZIGER, E. D.; ROSS, J.; CARTER, P. R.; VARENHORST, A. J.; WISE, K. A.; CIAMPITTI, I. A.; CARCIOCHI, W. D.; CONLEY, S. P. Defining optimal soybean seeding rates and associated risk across North America. **Agronomy Journal**, v. 112, p. 2103-2114, 2020.

GAVIOLI, A.; DE SOUZA, E. G.; BAZZI, C.L.; SCHENATTO, K.; BETZEK, N.M. Identification of management zones in precision agriculture: An evaluation of alternative cluster analysis methods. **Biosystems Engineering**, v. 181, 86–102, 2019.

GAVIOLI, A.; SOUZA, E. G.; BAZZI, C. L.; GUEDES, L. P. C. Optimization of management zone delineation by using spatial principal components. **Computers and Electronics in Agriculture**, n. 127, p. 302–310, 2016.
<https://doi:10.1016/j.compag.2016.06.029>.

HAMMAN, W. P.; MATCHAM, E. G.; SINGH, M. P.; LINDSEY, L. E. Comparison of variable-rate prescriptions and optimum seeding rate in soybean. **Crop Forage & Turfgrass Management**, v. 7, n. 2, p. 1-9, 2021.

HARTMAN, G. L.; WEST, E. D.; HERMAN, T. K. Crops that feed the world 2. Soybean - worldwide production, use, and constraints caused by pathogens and pests. **Food Security**, v.3, p. 5-17, 2011.

HEIFFIG, L.S.; CÂMARA, G.M.S.; MARQUES, L.A.; PEDROSO, D.B.; PIEDADE, S.M.S. Plasticidade da cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) em diferentes arranjos espaciais. **Revista de Agricultura**, Campina Grande, v. 84, n. 3, p. 204-219, 2010.

INACIO, K. A. M.; J. W. CORTEZ. Variabilidade espacial da produtividade da soja e sua correlação com atributos químicos e textura do solo. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, v.17, n.2, p.1-18, e03226, 2023. <https://doi.org/10.24857/rgsa.v17n2-030>.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Tempo: Estação UNAI (A542)**. Disponível em: <https://tempo.inmet.gov.br/>. Acesso em: 2 de jun. 2023.

KOESTER, R. P.; SKONECZKA, J. A.; CARY, T. R.; DIERS, D. W.; AINSWORTH, E. A. Historical gains in soybean (*Glycine max* Merrill) seed yield are driven by linear increases in light interception, energy conversion, and partitioning efficiencies. **Journal of Experimental Botany**, p.1-11, 2014.

KUMAGAI, E.; AOKI, N.; MASUYA, Y.; SHIMONO, H. Phenotypic plasticity conditions the response of soybean seed yield to elevated atmospheric CO₂ concentration. **Plant Physiology**, v. 169, p. 2021-2029, 2015.

LIMA, C. A.; MONTENEGRO, A. A. A.; LIMA, J. L. M. P.; ALMEIDA, T. A. B.; SANTOS, J. C. N. Uso de coberturas alternativas do solo para o controle das perdas de solo em regiões semiáridas. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v.25, n.3, p. 531-542, 2020.
<https://DOI:10.1590/S1413-41522020193900>.

- LIMA, C.A.; MONTENEGRO, A.A.A.; SANTOS, T.E.M.; ANDRADE, E.M.; MONTEIRO, A.L.N. Práticas agrícolas no cultivo da mandioca e suas relações com o escoamento superficial, perdas de solo e água. **Revista Ciência Agronômica**, v. 46, n. 4, p. 697-706, 2015. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20150056>.
- LI, Y.; BINGXIN, Y.; YIMING, Y.; XIANTAO, H.; QUANWEI, L.; ZHIJIE, L.; XIAOWEI, Y.; TAO, C.; DONGXING, Z. Global overview of research progress and development of precision maize planters. **International Journal of Agricultural and Biological Engineering**, v. 9, n. 1, p. 9–26, 2016. <https://doi.org/10.3965/j.ijabe.20160901.2285>.
- LOVISON, V. M. H.; FREITAS, M. A.; FORTE, M. M. C. Chemically modified soybean oils as plasticizers for silica-filled e-SBR/Br compounds for tire tread applications. **Journal of Elastomers & Plastics**, v. 20, n. 10, p. 1-19, 2021.
- LUDWIG, M. P.; DUTRA, L. M. C.; FILHO, O. A. L.; ZABOT, L.; UHRY, D. Populações de plantas na cultura da soja em cultivares convencionais e *Roundup Ready*TM. **Revista Ceres**, v. 58, p. 305-313, 2011.
- MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Os municípios mais ricos do agronegócio**. 2022. Nota nº 01-2022/CGPLAC/DAEP/SPA/MAPA.
- MÉNDEZ-VÁZQUEZ, L.J.; LIRA-NORIEGA, A.; LASA-COVARRUBIAS, R.; CERDEIRA-ESTRADA, S. Delineation of site-specific management zones for pest control purposes: Exploring precision agriculture and species distribution modeling approaches. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 167, 2019.
- MOLIN, J.P.; BAZAME, H.C.; MALDANER, L.; CORREDO, L.D.P.; MARTELLO, M.; CANATA, T.F. Precision agriculture and the digital contributions for site-specific management of the fields. **Revista Ciência Agronômica**, v. 51, 1-10, 2020.
- MONTENEGRO, A.A.A.; ABRANTES, J.R.C.B.; LIMA, J.L.M.P.; SINGH, V.P.; SANTOS, T.E.M. Impact of mulching on soil and water dynamics under intermittent simulated rainfall. **Catena**, v. 109, p. 139-149. 2013a. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2013.03.018>.
- MONTENEGRO, A.A.A.; LIMA, J.L.M.P.; ABRANTES, J.R.C.B.; SANTOS, T.E.M. Impact of mulching on soil and water conservation in semiarid catchment: simulated rainfall in the Field and in the Laboratory. **Die Bodenkultur**, v. 64, n. 3-4, p. 79-85, 2013b.
- PERALTA, N. R.; COSTA, J. L.; BALZARINI, M.; FRANCO, M. C.; CÓRDOBA, M.; BULLOCK, D. Delineation of management zones to improve nitrogen management of wheat. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 110, p. 103-113, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2014.10.017>.
- PETTER, F. A.; SILVA, J. A.; ZUFFO, A. M.; ANDRADE, F. R.; PACHECO, L. P.; ALMEIDA, F. A. Does high seeding density increase soybean productivity? Photosynthetically active radiation responses. **Bragantia**, v. 75, p. 173-183, 2016.
- PROCÓPIO, S. O.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C.; PANISON, F. Semeadura em fileira dupla e espaçamento reduzido na cultura da soja. **Revista Agroambiente**, v.8, n. 2, p. 212-221, 2014.

- RAMBO, L., COSTA, J. A., PIRES, J. L. F., PARCIANELLO, G.; FERREIRA, F. G. Estimativa do potencial de rendimento por estrato do dossel da soja, em diferentes arranjos de plantas. **Ciência Rural**, v. 34, p. 33-40, 2004. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782004000100006>.
- RIBEIRO, A. B. M.; BRUZI, A. T.; ZUFFO, A. M.; ZAMBIAZZI, E.V.; SOARES, I. O.; VILELA, N. J. D.; PEREIRA, J. L. DE A. R.; MOREIRA, S. G. Desempenho produtivo de cultivares de soja cultivadas em diferentes densidades de plantas. **Ciência Rural**, v. 47, n. 7, p. 01-08, 2017.
- RODRIGUES, M.S.; CORÁ, J.E. Management zones using fuzzy clustering based on spatial-temporal variability of soil and corn yield. **Engenharia Agrícola**, v. 35, p. 470–483, 2015.
- SANTOS, T.E.M.; MONTENEGRO, A.A.A.; SILVA, D.D. Umidade do solo no semiárido pernambucano usando-se reflectometria no domínio do tempo (TDR). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 7, p. 670-679, 2011. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662011000700004>.
- SANTOS, T.E.M.; SILVA, D.D.; MONTENEGRO, A.A.A. Temporal variability of soil water content under different surface conditions in the semiarid region of Pernambuco State. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 5, p. 1733-1741, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832010000500025>.
- SCHENATTO, K.; SOUZA, E. G.; BAZZI, C. L.; BIER, V. A.; BETZEK, N. M.; GAVIOLI, A. Data Interpolation in the definition of management zones. **Acta Scientiarum Technology**, v. 38, n. 1, p. 31-40, 2016. <http://doi:10.4025/actascitechnol.v38i1.27745>.
- SEAPA - Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Balanco do Agronegócio de Minas Gerais 2022**. 2022. 60 p.
- SILVA, E. E.; BAILO, F. H. R.; TEODORO, L. P. R.; CAMPOS, C. N. S.; PLASTER, O. B.; TEODORO, P. E. Variable-rate seeding in soybean according to soil attributes related to grain yield. **Precision Agriculture**, v. 23, p. 35-51, 2022.
- SILVA, P. R. A., TAVARES, L. A. F., SOUSA, S. F. G., CORREIA, T. P. S. E RIQUETTI, N. B. Rentabilidade na semeadura cruzada da cultura da soja. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, p. 293- 297, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n3p293-297>.
- SHER, A.; KHAN, A.; CAI, L.J.; IRFAN AHMAD, M.; ASHARF, U.; JAMORO, S.A. Response of Maize Grown Under High Plant Density; Performance, Issues and Management- A Critical Review. **Advances in Crop Science and Technology**, v. 5, n.3, p. 1-8, 2017. DOI: 10.4172/2329-8863.1000275.
- SHEN, J.Y.; ZHAO, D.D.; HAN, H.F.; ZHOU, X.B.; LI, Q.Q. Effects of straw mulching on water consumption characteristics and yield of different types of summer maize plants. **Plant, Soil and Environment**, v. 58, p. 161-166, 2012. <https://doi.org/10.17221/404/2011-PSE>.

SOARES, I. O.; DE REZENDE, P.M.; BRUZI, A.T.; ZUFFO, A.M.; ZAMBIAZZI, E.V.; FRONZA, V.; TEIXEIRA, C.M. Interaction between Soybean Cultivars and Seed Density. **American Journal of Plant Sciences**, v. 6, p. 1425-1434, 2015.

SOIL SURVEY STAFF. **Soil Survey manual**: Soil conservation service. Washington: USDA, 2017. 639p. Handbook 18.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. Ed. rev e ampl. Brasília, DF: Embrapa; 2017.

THOMPSON, N. M.; LARSON, J. A.; LAMBERT, D. M.; ROBERTS, R. K.; MENGISTU, A.; BELLALOU, N.; WALKER, E. R. Mid-south soybean yield and net return as affected by plant population and row spacing. **Crop Economics, Production & Management**, v. 107, p. 979-989, 2015.

TOURINO, M. C. C.; REZENDE, P. M.; SALVADOR, N. Row spacing plant density and intrarow plant spacing uniformity effect on soybean yield and agronomic characteristics. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 8, p. 1071-1077, 2002.
<https://doi:10.1590/s0100-204x2002000800004>.

TOY, T. J.; FOSTER, G. R.; RENARD, K. G. **Soil erosion: Processes, prediction, measurement, and control**. New York: John Wiley & Sons, 2002.

USDA - United States Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service. **Oilseeds: World Markets and Trade**, December, 2023, 38 p. Disponível em:
<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/oilseeds.pdf>. Acesso em: 07 jan. 2024.

WANG, X. X.; LIU, S.; ZHANG, S.; LI, H.; MAIMAITIAILI, B.; FENG, G.; RENGEL, Z. Localized ammonium and phosphorus fertilization can improve cotton lint yield by decreasing rhizosphere soil pH and salinity. **Field Crops Research**, v. 217, p. 75-81, 2018.
<https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.12.011>.

WERNER, F.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; FERREIRA, A. S.; AGUIAR E SILVA, M. A.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C. Soybean growth affected by seeding rate and mineral nitrogen. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 8, p. 734-738, 2016.

CAPÍTULO II

QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE SOJA EM FUNÇÃO DA SEMEADURA EM TAXA VARIÁVEL

Unai/MG

2024

RESUMO

A produção de sementes de soja tem uma grande participação na economia e no agronegócio brasileiro. O potencial de produção de sementes está associado a fatores como os atributos genéticos de cada cultivar, das condições ambientais, práticas de manejo e suas interações. A taxa de semeadura por exemplo é um dos fatores que podem ser manejados pelos produtores e pode ter influência direta na produtividade e na qualidade das sementes de soja. Várias pesquisas avaliaram o efeito da taxa de semeadura fixa sobre parâmetros morfológicos e componentes de rendimento da cultura da soja, entretanto, pouco se sabe sobre o efeito da taxa de semeadura, em especial a taxa de semeadura variável na qualidade fisiológica das sementes de soja. Nesse sentido, objetivou-se avaliar a influência da semeadura em taxa variável na qualidade fisiológica de sementes de soja. A pesquisa de campo foi conduzida em uma área comercial de produção de sementes de soja situada na região de Unaí/MG. A cultivar de soja M6210 IPRO foi cultivada sob sistema de cultivo direto e irrigação por pivô central na safra 2021/22. A semeadura foi realizada em taxa variável de sementes, utilizando semeadora de precisão no espaçamento de 0,50 m entre linhas. Para cada taxa de semeadura foi atribuído uma zona de manejo (ZM) na área, dessa forma, foram atribuídos 5 ZM o que representa cada taxa de semeadura utilizada. Em cada ZM foi instalado um experimento no delineamento em blocos casualizados, com cinco tratamentos equivalentes às taxas de semeadura (15,5, 16,0, 16,5, 17,5 e 19,5 sementes por metro linear, equivalente à: 310, 320, 330, 350 e 390 mil plantas por hectare), em quatro repetições. Os testes de qualidade fisiológica das sementes foram realizados um mês após a colheita e após nove meses de armazenamento. Foram realizados os testes de: germinação, tetrazólio, envelhecimento acelerado e condutividade elétrica. A viabilidade e o vigor das sementes de soja são influenciados pelos ambientes as quais foram produzidas. Zonas de manejo que apresentaram classe textura argiloso arenosa e franco argiloso arenosa (acima 30% argila) com teores de matéria orgânica acima 1,8% produzem sementes de maior qualidade fisiológica. Nos campos de sementes de soja da cultivar M6210 IPRO, implantados com a tecnologia de taxa de semeadura variável, não foi verificada influência na qualidade fisiológica de sementes de soja armazenadas em até nove meses em galpão climatizado. A definição de ambientes de produção com diferenciação em zonas de manejo pode proporcionar a produção de sementes de alta qualidade fisiológica utilizando menor quantidade de sementes na semeadura dos campos de semente de soja.

Palavras-chave: armazenamento; densidade de semeadura, germinação, zonas de manejo, vigor de sementes.

ABSTRACT

PHYSIOLOGICAL QUALITY OF SOYBEAN SEEDS UNDER VARYING SEEDING RATES

Soybean seeds production has significant contribution to Brazilian agribusiness. Several factors may affect the seeds yield potential, including its genetic makeup, environmental conditions, management practices, and their interactions. The seeding rate is a practice that impacts yield and quality of soybean seeds directly. Many studies assessed the effects of standard rates of seeding on morphological features and yield parameters of soybean, but there is a lack of information about the impact of varying rates on the physiological quality of the seeds. This study was performed to pursue such information. The field research was carried out in a non-tillage area irrigated by central pivot during the year crop 2021/22. The cultivar M6210 IRPO was sown at varying rates using a precision seeder adjusted to 0.5 m between rows. Each seeding rate was assigned to one among five MZs, where MZ 1 was characterized as the highest yield potential and the MZ 5 as the lowest. For each MZ there was established an experiment in a randomized block design with five treatments represented by the seeding rates (15.5, 16.0, 16.5, 17.5 and 19.5 seeds per linear meter, which corresponded to 310, 320, 330, 350 and 390 thousand plants per hectare, respectively), and four replicates. The physiological tests (germination, tetrazolio, accelerated aging, and electrical conductivity) were performed one month later the harvest and nine months after storage under controlled conditions. Management zones exhibiting >30% clay and organic matter content above 1.8% produced seeds with higher physiological quality. After nine months of storage, the seeds quality did not change. Mapping the field according to management zones may save seeds for diminishing the seeding rates without compromising the physiological quality of the seeds produced.

Keywords: storage, sowing density, germination, management zones, seeds healthiness.

1. INTRODUÇÃO

A produção e exportação do complexo soja (grão, farelo e óleo) no Brasil, apresentou um expressivo crescimento nos últimos 20 anos (FIGUEIRA; GALACHE, 2023), e contribuíram para que o Brasil se tornasse o maior produtor e exportador mundial de soja em grão (CONAB, 2023; USDA, 2023). A cada ano essa produção aumenta principalmente devido aos avanços genéticos e o aumento do controle de qualidade das sementes, à melhoria dos métodos de armazenamento e tratamento de sementes (KRZYZANOWSKI et al., 2018; MARCOS-FILHO, 2015a; MARCOS-FILHO, 2015b), além de diversos avanços nos sistemas de manejo e produção de grãos e sementes de soja.

Não só a produção de grãos, mas a produção de sementes de soja também tem uma grande participação na economia e no agronegócio brasileiro. Desde a safra 2020/21 até a safra atual 2023/24, o setor teve um crescimento em torno de 57%. Esse crescimento se dá principalmente pelo aumento gradual de áreas de produção de semente e um aumento no custo de aquisição dessas sementes. O faturamento do setor de sementes de soja na safra 2022/23 foi em torno de 24,5 bilhões de reais (FORBES, 2023). Tal faturamento só não é maior devido ao uso de sementes ilegais, fora do sistema oficial (por meio de compra e uso de sementes certificadas) de produção de sementes, que representa aproximadamente 30% das sementes utilizadas (SNA, 2023; ABRASEM, 2020).

Os sistemas de produção de grãos e sementes de soja tem as suas particularidades, principalmente quanto a forma de armazenamento e ao manejo fitossanitário, uma vez que nas áreas de produção de semente, os cuidados com a semente nas operações de tratamento de semente (TS), semeadura, colheita e armazenagem são intensificadas para garantir uma melhor qualidade fisiológica e sanitária dessas sementes.

O potencial de produção de sementes está associado a diversos fatores, dentre eles os atributos genéticos de cada genótipo, condições ambientais (posição geográfica, solo, clima), práticas de manejo (densidade de plantas, espaçamento entre linhas, taxa de semeadura) e suas interações (Van ROEKEL et al., 2015; ROWNTREE et al., 2013; VANLAUWE et al., 2011). Em geral fatores relacionados ao ambiente (chuva, temperatura, umidade do ar por exemplo) não são passíveis de serem gerenciados, mas fatores relacionados a prática de manejo (tratos culturais e fitossanitários) podem ser ajustados de acordo com a necessidade de cada área e de cada produtor.

A taxa de semeadura, por exemplo, é um dos principais fatores relacionados as práticas de manejo que podem ser adaptados pelos produtores e pode ter influência direta na

produtividade da soja (THOMPSON *et al.*, 2015; COX; CHERNEY, 2011; WALKER *et al.*, 2010). Vários estudos de densidade de semeadura têm sido realizados ao longo dos últimos anos (FERREIRA *et al.* 2019; CAMICIA *et al.*, 2018; RIBEIRO *et al.*, 2017; PETTER *et al.*, 2016; THOMPSON *et al.*, 2015; BALBINOT JUNIOR *et al.*, 2015; LUDWIG *et al.*, 2011; COX *et al.* 2010; TOURINO *et al.* 2002), mas nem sempre existe um consenso que o aumento de população pode aumentar a produtividade. Em geral, espera-se que taxas de semeadura mais altas modificam a morfologia da planta, reduzindo ramos por planta e índice de área foliar, aumentando a altura, o número de nós, entre outros atributos (BELLALLOUI *et al.* 2015), consequentemente aumentando a produtividade.

Várias dessas pesquisas avaliaram o efeito da taxa de semeadura fixa sobre parâmetros morfológicos e componentes de rendimento da cultura da soja, entretanto, pouco se sabe o efeito da taxa de semeadura, em especial a taxa de semeadura variável na qualidade fisiológica das sementes de soja.

A semeadura em taxa variada (STV) é uma técnica da agricultura de precisão (HAMMAN *et al.*, 2021; LINDBLOM *et al.*, 2017; SHEARER; PITLA, 2014; HÖRBE *et al.*, 2013; GEBBERS; ADAMCHUK, 2010), que tem sido amplamente utilizada por produtores de grãos tecnificados no Brasil, principalmente de soja e milho. A tecnologia objetiva adequar a taxa de semeadura de acordo com a variabilidade do solo, do terreno, das condições meteorológicas, com o nível de produtividade dentre outros fatores (ŠARAUSKIS *et al.*, 2022; HAMMAN *et al.*, 2021). Determinar o ajuste ótimo da taxa de semeadura de acordo com os níveis de produtividade ou características do solo ainda é um desafio aos sistemas produtivos. Uma melhor compreensão deste assunto pode otimizar a utilização de sementes por zona de manejo (ZM) dentro de um campo, bem como aumentar o retorno do investimento (CORASSA, *et al.*, 2018). As ZMs são áreas relativamente homogêneas (características topográficas, climáticas, pedológicas/edáficas e de culturas semelhantes) e uniformes dentro de um mesmo campo de produção, que podem orientar a gestão agrícola para melhorar o rendimento e a eficiência dos fatores de produção (BREUNIG *et al.*, 2020; GAVIOLI *et al.*, 2016).

A adoção da STV deve estar associada a manutenção da qualidade física e fisiológica das sementes de soja. A qualidade das sementes desempenha um papel fundamental, pois sementes de maior qualidade tendem a gerar campos mais produtivos (SCHEEREN *et al.*, 2010). Dentre os principais fatores que influenciam a qualidade fisiológica da semente estão: as características genéticas da espécie, incidência de pragas e doenças, danos mecânicos durante as operações de semeadura e/ou colheita, fatores ambientais presentes durante o desenvolvimento da cultura, colheita, processamento e armazenamento da semente além do

tempo de armazenamento (KRZYZANOWSKI et al., 2018; FRANÇA-NETO et al., 2016; GRIS et al., 2010).

O armazenamento adequado das sementes é fundamental para manter os atributos de qualidade física, fisiológica e sanitária, além de minimizar o processo de deterioração, e consequente declínio na germinação, vigor e longevidade de sementes (SOUZA, 2023, VITIS et al., 2020; CARDOSO et al., 2012) que pode contribuir para um aumento do número de plântulas anormais (TOLEDO et al., 2009) e redução da produtividade (SMANIOTTO et al., 2014; SCHUCH et al., 2009). Portanto, é fundamental garantir a qualidade da semente, desde a semeadura, colheita, e também durante o período de armazenamento até o momento da semeadura na próxima safra.

Neste sentido a hipótese deste trabalho parte do pressuposto de que a qualidade das sementes de soja pode ser afetada positiva ou negativamente pela semeadura em taxa variável após a colheita e após um período de armazenamento. Assim, objetivou-se avaliar a influência da semeadura em taxa variável na qualidade fisiológica de sementes de soja.

2. MATERIAL E MÉTODOS

As sementes obtidas para realização das análises fisiológicas foram provenientes das diferentes zonas de manejo e taxas de semeaduras realizadas no campo de produção de sementes, o experimento foi realizado no mesmo local, nas mesmas condições e com os mesmos tratamentos descritos no Material e Métodos do Capítulo I (Item 2, pg. 23-24).

As análises laboratoriais de qualidade fisiológica das sementes de soja foram realizadas no Laboratório Germinax, situado na cidade de Formosa/GO e no AgroPecLab ICA/UFVJM.

Os testes de qualidade fisiológica das sementes foram realizados a um mês (fevereiro/2022) e com nove meses de armazenamento (novembro/2022). Para essas avaliações, após o processo de trilha e limpeza da soja, foram separadas duas amostras de 500 gramas de cada parcela em sacos de papel kraft 25x10x18cm, acondicionadas em câmara fria (Conela, Curitiba, PR, Brasil) da empresa BJ Sementes a uma temperatura média de 13°C e umidade relativa do ar de 55%. Após os períodos de armazenamento as amostras foram enviadas para serem analisadas nos laboratórios.

Foram realizados os seguintes testes para determinar a qualidade fisiológica das sementes de soja: germinação, tetrazólio, envelhecimento acelerado e condutividade elétrica. A metodologia de avaliação de cada variável está descrita a seguir.

2.1. Teste de Germinação (G)

O teste de germinação foi realizado utilizando-se 400 sementes igualmente divididas em oito subamostras contidas entre camadas de papel filtro umedecido com água destilada e esterilizada. Para garantir um teor adequado de umidade, adicionou-se uma massa de água correspondente ao dobro da massa do papel filtro seco. Os papéis contendo as sementes foram acondicionados em germinador sob temperatura constante de 25 °C e as avaliações foram realizadas no quinto (primeira contagem de germinação) e oitavo dia após a montagem do teste, contabilizando-se as plântulas normais, anormais e mortas, como prescrevem as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

2.2. Teste de Tetrazólio (TZ)

Foram utilizadas 400 sementes divididas em oito repetições, respectivamente. Após preparar a solução tampão com pH entre 6,5 e 7,5, as amostras de sementes foram submersas numa solução de tetrazólio a 0,075% contida em copos plásticos, os quais foram acondicionados em germinador sob temperatura de 35 a 40 °C. Decorridos 180 minutos, as sementes foram avaliadas (KRZYZANOWSKI et al., 2021; FRANÇA NETO; KRZYZANOWSKI, 2018; KRZYZANOWSKI et al., 2018).

O nível de vigor das sementes foi interpretado conforme a seguinte classificação (KRZYZANOWSKI et al., 2021; FRANÇA NETO; KRZYZANOWSKI, 2018):

- Vigor muito alto: igual ou superior a 90%;
- Vigor alto: entre 85% e 89%;
- Vigor médio: entre 75% e 84%;
- Vigor baixo: igual ou inferior a 74%.

2.3. Teste de Envelhecimento Acelerado (EA)

O teste de envelhecimento acelerado (EA) foi realizado utilizando-se duas subamostras de 100 sementes dispostas no interior de uma Gerbox contendo 40 ml de água destilada e fixada sobre uma tela inox. As amostras foram incubadas em uma câmara do tipo B.O.D regulada a 41 °C por 48 h. Em seguida, as sementes foram submetidas a um teste de germinação como descrito anteriormente no item 2.1, e os resultados foram expressos em porcentagem de

plântulas normais germinadas no quinto dia após instalação do teste (KRZYZANOWSKI et al., 2021).

A classificação de vigor de sementes soja de acordo com o teste EA foi avaliada conforme escala a seguir (FRANÇA NETO et al., 2004):

- Muito alto vigor: entre 100 e 90% de plântulas normais;
- Alto vigor: entre 89,5 e 80%;
- Médio vigor: entre 79 e 61%,
- Baixo vigor: abaixo de 60% plântulas normais.

2.4. Teste de Condutividade Elétrica (CE)

O teste de condutividade elétrica foi realizado utilizando uma amostra de 50 sementes com massa conhecida. Essas sementes foram transferidas para copos plásticos de 200 ml contendo 75 ml de água deionizada e incubadas em câmara de germinação do tipo B.O.D. regulada a 25 °C. Decorridas 24 h, as leituras foram tomadas utilizando um condutivímetro de massa mCA 150 da marca Lucadema, e os resultados calculados conforme equação 1 (Eq.1) (KRZYZANOWSKI et al., 2023; KRZYZANOWSKI et al., 2021).

$$CE (\mu S \text{ cm}^{-1} \text{ g}^{-1}) = \frac{L - B}{P} \quad \text{Eq. 1}$$

Em que: CE = condutividade elétrica $CE (\mu S \cdot \text{cm}^{-1} \text{ g}^{-1})$ / L = leitura da amostra no condutivímetro ($\mu S \text{ cm}^{-1}$) / B = leitura do “branco”, água destilada ou deionizada ($\mu S \text{ cm}^{-1}$) / P = peso da amostra (g)

O vigor de lotes de sementes de soja baseado no teste de condutividade elétrica pode ser classificado em (PRADO et al., 2019):

- Vigor muito alto ($CE \leq 70 \mu S \text{ cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$): Bom desempenho dos lotes de sementes em campo, sob condições de baixa umidade do solo;
- Vigor Alto (CE entre 71 e 90 $\mu S \text{ cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$): Bom desempenho dos lotes de sementes em campo, sob condições de baixa umidade do solo;
- Vigor Médio (CE entre 91 e 110 $\mu S \text{ cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$): Lotes inapropriados para semeadura sob condições de estresse, como deficiência hídrica em campo.
- Vigor Baixo ($CE \geq 111 \mu S \text{ cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$): Lotes inviáveis para semeadura.

2.5. Delineamento experimental e análise estatística

Foram constituídos cinco experimentos, sendo cada zona de manejo (ZM) no campo de produção de semente um experimento. Estes foram instalados no delineamento em blocos casualizados com quatro repetições e cinco tratamentos. Os tratamentos foram compostos pela taxa de semeadura (15,5, 16,0, 16,5, 17,5 e 19,5 sementes por metro linear, equivalente a: 310, 320, 330, 350 e 390 mil plantas por hectare).

2.5.1 Análise estatística

Normalidade dos resíduos para atender uma das premissas das análises de variância foi testada pelo teste de Shapiro-Wilk e algumas transformações foram testadas para tentar tornar a distribuição normal quando os resíduos apresentavam distribuição não normal. Para todas as variáveis de qualidade fisiológica das sementes de soja, a normalidade dos resíduos foi atendida, após tentativas ou não de transformações, sendo os dados então tratados como paramétricos e os testes F e t de *Student* usados para realizar comparações de médias.

Zonas de manejo foram tratadas como diferentes experimentos, sendo conduzida uma análise conjunta de grupo de experimentos. Análises de variância das variáveis de qualidade fisiológica das sementes de soja no momento da colheita e após um período de armazenamento foram realizadas usando um modelo misto com efeito fixo de zona de manejo, taxa de semeadura e suas interações, além do efeito aleatório de bloco aninhado à zona de manejo. Um efeito foi considerado significativo a um nível de probabilidade de 5,1% ou menor para o teste aplicado. Teste de médias foi aplicado para comparar médias entre as zonas de manejo e análise de regressão para o modelo (linear, quadrático e cúbico) que melhor se ajustavam aos dados entre as taxas de semeadura, caso efeito principal ou de interação fosse significativo.

Os testes de normalidade, as análises de variância e as análises de regressão dos dados foram conduzidos usando respectivamente os procedimentos UNIVARIATE, MIXED e GLM do software *Statistical Analysis System* (SAS Inst. Inc., Cary, NC, USA; versão 9.4). Para a análise conjunta de grupo de experimentos, a heterogeneidade das variâncias entre as zonas de manejo foi considerada no modelo das análises de variância usando o efeito de zona de manejo na opção GROUP da afirmação REPEATED e uma aproximação do grau de liberdade pelo método de Satterthwaite foi realizada na obtenção do valor de F para o efeito de interação dos fatores.

3. RESULTADOS

3.1. Qualidade fisiológica de sementes de soja com um mês de armazenamento

Nenhuma interação entre taxa de semeadura (TS) e zonas de manejo (ZM) foi verificada ($P>0,05$) para as variáveis da qualidade fisiológica das sementes de soja armazenadas há um mês em ambiente refrigerado de câmara fria. Também, não houve efeito principal ($P>0,05$) da taxa de semeadura sobre as variáveis de qualidade fisiológica das sementes de soja, ou seja, condutividade elétrica (CE), vigor (teste de Tetrazólio; VTZ), envelhecimento acelerado (EA) e germinação (GER) não diferiram ($P>0,05$) entre as taxas de semeadura (Tabela 4).

Tabela 4. Qualidade fisiológica das sementes de soja (cultivar Monsoy 6210 IPRO[®]) em função das taxas de semeadura sob sistema de cultivo direto e irrigado via pivô central no momento da colheita. Fazenda Bom Jesus, Unaí/MG, 2024.

Variável	Taxa de semeadura (sementes/metro)*					Valor de <i>P</i>
	15,5	16,0	16,5	17,5	19,5	
CE	49,1 (1,71)	47,5 (1,83)	47,9 (1,71)	46,1 (1,83)	49,2 (1,71)	0,7106
VTZ	97 (0,02)	97 (0,02)	98 (0,02)	97 (0,02)	97 (0,02)	0,9360 [†]
EA	91 (1,20)	90 (1,32)	89 (1,20)	89 (1,32)	91 (1,20)	0,5496
G	93 (0,97)	93 (1,08)	91 (0,97)	92 (1,08)	94 (0,97)	0,2690

*Média de quadrados mínimos (erro padrão). CE: condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$); VTZ: vigor pelo teste de Tetrazólio, em porcentagem; EA: envelhecimento acelerado, porcentagem; G: Germinação pela contagem de plântulas normais, em porcentagem. [†]Dados foram transformados em arco seno para atender a premissa de normalidade dos resíduos ($P>0,05$; teste do Shapiro-Wilk) e uma análise de variância foi realizada para verificar efeito da taxa de semeadura, sendo os dados transformados de volta posteriormente a análise.

Apesar de não ter encontrado diferenças estatísticas entre os tratamentos as sementes produzidas possuem alto poder germinativo e vigor muito alto obtidos pela análise de VTZ, (KRZYZANOWSKI, et al., 2021, FRANÇA NETO; KRZYZANOWSKI, 2018), vigor alto a muito alto conforme análise de EA (FRANÇA-NETO et al., 2004) e vigor muito alto a partir da análise de CE (PRADO et al., 2019).

Por outro lado, um efeito principal ($P<0,05$) da zona de manejo foi encontrado para a condutividade elétrica, mas não ($P>0,05$) para as demais variáveis de qualidade fisiológica das sementes de soja (Tabela 5). A condutividade elétrica das sementes colhidas na ZM 4 foi menor apenas quando comparada às ZM 1, 2 e 5 (Tabela 5). Igualmente encontrado nas diferentes taxas de semeadura, independentemente da zona de manejo a qual as sementes de soja foram produzidas, com um mês de armazenamento apresentaram alto poder germinativo e vigor muito

alto conforme resultados apresentados pelos testes de VTZ (KRZYZANOWSKI, et al., 2021, FRANÇA NETO; KRZYZANOWSKI, 2018) e CE (PRADO et al., 2019) e de alto a muito alto conforme o teste de EA (FRANÇA-NETO et al., 2004).

Tabela 5. Qualidade fisiológica de sementes de soja (cultivar Monsoy 6210 IPRO®) em função das zonas de manejo sob sistema de cultivo direto e irrigado via pivô central com um mês de armazenamento. Fazenda Bom Jesus, Unai/MG, 2024.

Variável	Zona de manejo (ZM)*					Valor de P
	ZM 1	ZM 2	ZM 3	ZM 4	ZM 5	
CE	48,7 (1,59) ^a	51,4 (1,46) ^a	46,0 (2,02) ^{ab}	42,1 (1,32) ^b	51,5 (2,77) ^a	0,0057
VTZ	97 (0,04)	97 (0,01)	98 (0,02)	97 (0,01)	97 (0,01)	0,4784 [†]
EA	93 (0,86)	92 (0,75)	88 (1,11)	92 (0,74)	85 (2,34)	0,0555
G	95 (0,79)	94 (0,68)	92 (0,70)	93 (0,75)	89 (2,00)	0,0726

*Média de quadrados mínimos (erro padrão). CE: condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$); VTZ: vigor pelo teste de Tetrazólio, em porcentagem; EA: envelhecimento acelerado, porcentagem; G: Germinação pela contagem de plântulas normais, em porcentagem. [†]Dados foram transformados em arco seno para atender a premissa de normalidade dos resíduos ($P>0,05$; teste do Shapiro-Wilk) e uma análise de variância foi realizada para verificar efeito da zona de manejo, sendo os dados transformados de volta posteriormente a análise. ^{a,b}Médias seguidas por uma mesma letra entre as diferentes zonas de manejo (na linha) não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste t de Student.

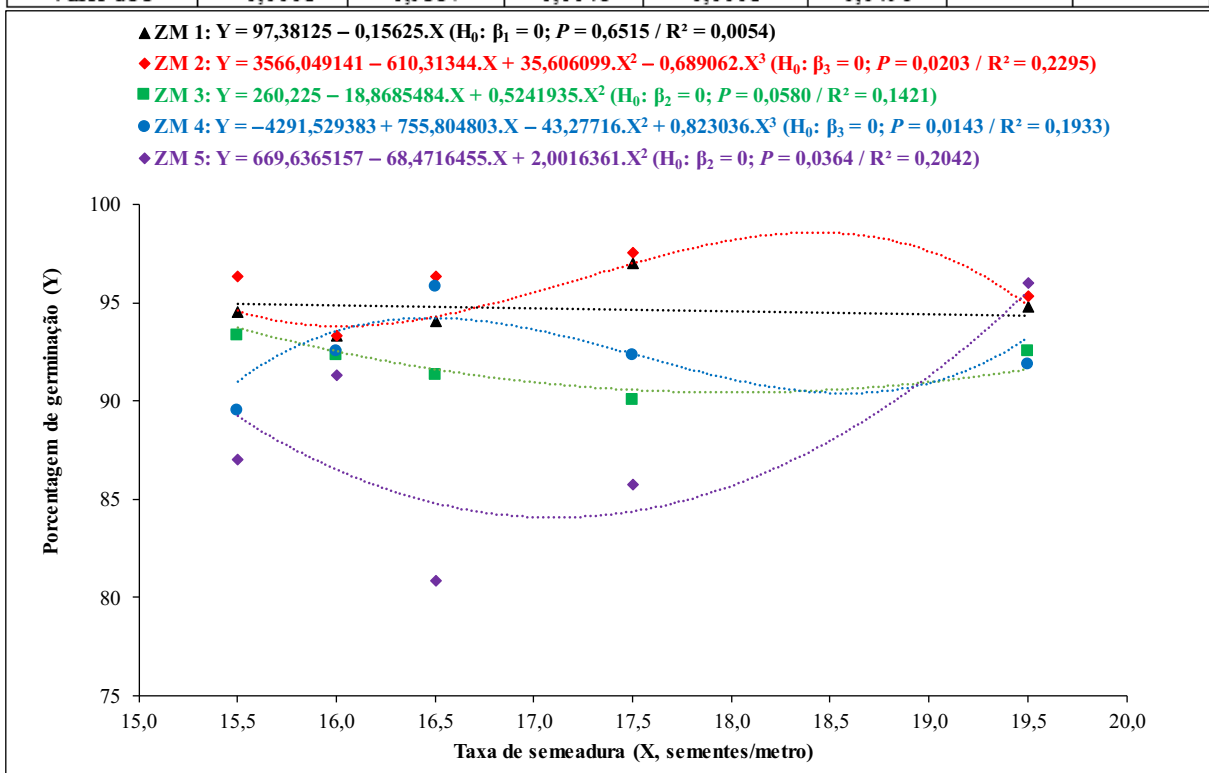
3.2. Qualidade fisiológica da semente aos nove meses de armazenamento

Houve interação entre taxa de semeadura e zona de manejo ($P<0,05$) apenas para germinação das sementes de soja após os nove meses de armazenamento (Figura 4). Não houve diferença ($P>0,05$) na germinação entre as taxas de semeadura na ZM 1, 3 e 5, embora uma diferença ($P<0,05$) tenha sido observada na ZM 2 e 4 (Figura 4).

Com o modelo cúbico, pôde-se verificar que a germinação teve um pico de mínimo entre as taxas de semeadura de 15,5 e 16,5 sementes/metro e um pico de máximo entre as taxas de semeadura de 16,5 e 19,5 sementes/metro na ZM 2 ($H_0: \beta_3=0$; $P=0,0203$), enquanto a porcentagem de germinação teve um comportamento contrário na ZM 4 ($H_0: \beta_3=0$; $P=0,0143$), com um pico de máximo entre as taxas de semeadura de 15,5 e 17,5 sementes/metro e mínimo entre as taxas de semeadura de 17,5 e 19,5 sementes/metro (Figura 4). Após nove meses de armazenamento das sementes, as equações em que as taxas de semeadura explicam 22,95% e 19,33% da variação da porcentagem de germinação foram $GER = 3566,049141 - (610,31344 \times TS) + (35,606099 \times TS^2) - (0,689062 \times TS^3)$ e $GER = -4291,529383 + (755,804803 \times TS) - (43,27716 \times TS^2) + (0,823036 \times TS^3)$ na ZM 2 e 4, respectivamente (Figura 4).

Figura 4. Desdobramento da interação entre taxa de semeadura e zonas de manejo ($P = 0,0115$) sobre a porcentagem de germinação de sementes de soja (cultivar Monsoy 6210 IPRO[®]) sob sistema de cultivo direto e irrigado via pivô central após nove meses de armazenamento. Fazenda Bom Jesus, Unai/MG, 2024.

Zona de manejo	Taxa de semeadura (sementes/metro)					EP	Valor de P
	15,5	16,0	16,5	17,5	19,5		
ZM 1	95 ^A	93 ^A	94 ^{AB}	97 ^A	95 ^A	1,5	0,4802
ZM 2	96 ^A	93 ^A	96 ^A	98 ^A	95 ^A	0,6	0,0024
ZM 3	93 ^{AB}	92 ^A	91 ^B	90 ^B	93 ^A	1,6	0,6354
ZM 4	90 ^B	93 ^A	96 ^A	92 ^B	92 ^A	0,9	0,0036
ZM 5	87 ^B	91 ^A	81 ^C	86 ^B	96 ^A	4,6-5,3	0,2431
Valor de P	<0,0001	0,9357	0,0048	0,0001	0,0496	*****	*****



^{A-C}Médias seguidas por uma mesma letra maiúscula entre as diferentes zonas de manejo (na coluna) dentro de uma taxa de semeadura não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste t de *Student*. Análise de regressão foi aplicada para o fator quantitativo taxa de semeadura dentro de cada zona de manejo a fim de verificar qual modelo (linear, quadrático ou cúbico) se ajustou melhor aos dados.

Diferenças na germinação ($P < 0,05$) das sementes de soja após nove meses de armazenamento entre as zonas de manejo foram observadas nas taxas de semeadura de 15,5; 16,5 e 17,5 sementes/metro, mas não ($P > 0,05$) nas taxas de semeadura de 16,0 e 19,5 sementes/metro (Figura 4). Nas taxas de semeadura de 15,5 e 17,5 sementes/metro, a germinação foi maior ($P < 0,05$) na ZM 1 e 2 do que na ZM 4 e 5. Já, na taxa de semeadura de 16,5 sementes/metro, a germinação foi maior ($P < 0,05$) na ZM 2 e 4 que na ZM 3, a qual por sua vez, teve porcentagem de germinação maior ($P < 0,05$) do que na ZM 5.

Independente das diferenças entre a interação ZM x TS todas as sementes após um período de nove meses armazenadas, apresentaram percentuais de germinação superiores (>80%) ao exigido pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para comercialização de sementes soja no Brasil (BRASIL, 2013) indicando alta germinação. Apenas as sementes provenientes da ZM 5, nas populações de 15,5; 16,5 e 17,5 sementes/metro apresentaram germinação inferior a 90%, entretanto, continuam dentro da faixa aceitável para comercialização.

Ao avaliar os fatores independentemente, não houve efeito principal ($P>0,05$) da taxa de semeadura sobre a qualidade fisiológica das sementes de soja armazenadas por nove meses (Tabela 6). A condutividade elétrica, o vigor (teste de Tetrazólio), o envelhecimento acelerado e a germinação das sementes de soja não diferiram ($P>0,05$) entre as taxas de semeadura.

Tabela 6. Qualidade fisiológica de sementes de soja (cultivar Monsoy 6210 IPRO®) em função das taxas de semeadura sob sistema de cultivo direto e irrigado via pivô central após nove meses de armazenamento. Fazenda Bom Jesus, Unai/MG, 2024.

Variável	Taxa de semeadura (sementes/metro)*					Valor de <i>P</i>
	15,5	16,0	16,5	17,5	19,5	
CE	44,1 (1,49)	45,5 (1,57)	45,2 (1,49)	45,1 (1,57)	48,2 (1,49)	0,3650
VTZ	93 (0,03)	92 (0,04)	92 (0,03)	92 (0,04)	94 (0,03)	0,5784 [†]
EA	88 (0,09)	89 (0,11)	86 (0,09)	88 (0,11)	90 (0,09)	0,7047 [†]
G	92 (1,03)	93 (1,16)	92 (1,03)	93 (1,16)	94 (1,03)	0,5423

*Média de quadrados mínimos (erro padrão). CE: condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$); VTZ: vigor pelo teste de Tetrazólio, em porcentagem; EA: envelhecimento acelerado, porcentagem; G: Germinação de plântulas normais, em porcentagem. [†]Dados foram transformados em arco seno para atender a premissa de normalidade dos resíduos ($P>0,05$; teste do Shapiro-Wilk) e uma análise de variância foi realizada para verificar efeito da taxa de semeadura, sendo os dados transformados de volta posteriormente a análise.

Apesar da ausência de efeitos da TS nos tratamentos, as sementes armazenadas por nove meses apresentam germinação superior a 90% (BRASIL, 2013), vigor muito alto conforme os testes de VTZ (KRZYZANOWSKI, et al., 2021, FRANÇA NETO; KRZYZANOWSKI, 2018) e CE (PRADO et al., 2019), e vigor alto a muito alto, conforme o teste de EA (FRANÇA-NETO et al., 2004).

Um efeito principal ($P<0,05$) da zona de manejo foi encontrado para todas as variáveis de qualidade fisiológica das sementes de soja após nove meses de armazenagem (Tabela 7). De forma geral, é possível distinguir bem a qualidade fisiológica das sementes de soja na ZM 1 e 2 daquela na ZM 5, onde valores de condutividade elétrica, vigor, envelhecimento acelerado e germinação das sementes de soja são maiores ($P<0,05$) na ZM 1 e 2 do que na ZM 5 (Tabela

7). No geral, a qualidade fisiológica das sementes de soja provenientes da ZM 1 e 2 foi melhor do que das sementes provenientes das ZM 3, 4 e/ou 5.

Tabela 7. Qualidade fisiológica de sementes de soja (cultivar Monsoy 6210 IPRO[®]) em função das zonas de manejo sob sistema de cultivo direto e irrigado via pivô central após nove meses de armazenamento. Fazenda Bom Jesus, Unai/MG, 2024.

Variável	Zona de manejo (ZM)*					Valor de P
	ZM 1	ZM 2	ZM 3	ZM 4	ZM 5	
CE	45,3 (1,26) ^a	48,2 (1,53) ^a	46,4 (1,73) ^a	48,5 (1,67) ^a	39,8 (2,21) ^b	0,0506
VTZ	94 (0,02) ^{ab}	95 (0,01) ^a	91 (0,03) ^{cd}	93 (0,01) ^{bc}	89 (0,10) ^d	0,0009 [†]
EA	93 (0,03) ^a	92 (0,01) ^a	86 (0,04) ^c	89 (0,02) ^b	79 (0,37) ^c	0,0001 [†]
G	95 (0,71) ^a	96 (0,38) ^a	92 (0,75) ^b	92 (0,48) ^b	88 (2,19) ^b	0,0015

*Média de quadrados mínimos (erro padrão). CE: condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$); VTZ: vigor pelo teste de Tetrazólio, em porcentagem; EA: envelhecimento acelerado, porcentagem; G: Germinação pela contagem de plântulas normais, em porcentagem. [†]Dados foram transformados em arco seno para atender a premissa de normalidade dos resíduos ($P>0,05$; teste do Shapiro-Wilk) e uma análise de variância foi realizada para verificar efeito da zona de manejo, sendo os dados transformados de volta posteriormente a análise. ^{a-d}Médias seguidas por uma mesma letra entre as diferentes zonas de manejo (na linha) não diferem entre si ao nível de 5% de significância pelo teste t de Student.

A germinação foi superior a 90% nas sementes provenientes das ZM 1, 2, 3 e 4 quando armazenadas por nove meses, porcentagem superior ao padrão mínimo exigido para comercialização (BRASIL, 2013), vigor muito alto conforme os testes de VTZ (KRZYZANOWSKI, et al., 2021, FRANÇA NETO; KRZYZANOWSKI, 2018) e CE (PRADO et al., 2019), e vigor alto a muito alto conforme o teste de EA (FRANÇA-NETO et al., 2004). As sementes colhidas da ZM 5 em geral apresentaram menor qualidade fisiológica em relação às sementes colhidas das demais zonas. Mesmo com um bom poder germinativo ($G=88\%$), e o vigor pelo teste de condutividade elétrica ($CE \leq 70 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$) ser muito alto, o vigor baseado nos testes de tetrazólio ($VTZ= 70$ a $89,5\%$) foi considerado alto e baseado no teste de envelhecimento acelerado, foram as únicas sementes que apresentam vigor médio ($EA = 75$ à 84%).

4. DISCUSSÃO

4.1. Qualidade fisiológica das sementes de soja após um mês de armazenamento

A qualidade fisiológica das sementes de soja após um mês de armazenamento não foi afetada pela semeadura em taxa variável (STV), demonstrando que, a adoção desta tecnologia

não influenciou na viabilidade das sementes de soja, de acordo com o teste de germinação (G), e nem no vigor das sementes que é determinado pelos testes de condutividade elétrica (CE), tetrazólio (VTZ) e envelhecimento acelerado (EA).

Destaca-se que, com um mês de armazenamento, as sementes apresentaram elevada germinação (G >88%), médias superiores ao exigido pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para comercialização de sementes de soja no Brasil (BRASIL, 2013), o qual preconiza que o padrão mínimo de germinação é de 80%. As sementes também apresentaram em geral vigor muito alto (>90%) de acordo com os testes de CE (PRADO et al., 2019), VTZ (KRZYZANOWSKI, et al., 2021, FRANÇA-NETO; KRZYZANOWSKI, 2018) e EA (FRANÇA-NETO et al., 2004), independente da taxa de semeadura utilizada e da zona de manejo em que foram cultivadas.

Esses resultados eram esperados uma vez que, essas sementes foram cultivadas em um campo de produção de sementes irrigada, e todos os tratamentos culturais e fitossanitários desde a semeadura até a colheita foram muito bem conduzidos ao longo da safra da cultura. Ademais, essas sementes ficaram armazenadas por um curto período (um mês), o qual foi insuficiente para causar deterioração dessas sementes durante o armazenamento.

A deterioração das sementes é inevitável, mas ela pode ser retardada dependendo das condições e do tempo de armazenamento e das características da semente (CARDOSO et al., 2012). Fatores como a qualidade inicial (alta viabilidade e vigor) e o teor de água das sementes, a umidade relativa do ar e a temperatura do ambiente de armazenamento influenciam diretamente na conservação do potencial fisiológico das sementes (FORTI et al., 2010). O vigor inicial do lote, principalmente no que diz respeito aos danos latentes, que afetam a qualidade das sementes ao longo do armazenamento, tem um impacto substancial no potencial de armazenamento das sementes (VERGARA et al., 2019).

O vigor é a característica que permite que a semente expresse o seu potencial máximo de produzir plantas de alto desempenho agrônomico (KRZYZANOWSKI et al., 2018), ele determina o potencial da semente de produzir plântulas normais, capazes de emergir rápida e uniformemente sob ampla diversidade de condições de ambiente (BAALBAKI et al., 2009).

Plantas originárias de sementes de alto vigor, podem produzir 25% a mais de vagens por planta e 35% a mais em rendimento de grãos, em comparação às provenientes de sementes de vigor baixo (KOLCHINSKI et al., 2006). Ademais, as diferentes densidades populacionais, cultivares e hábitos de crescimento, são fatores que podem influenciar a produtividade da cultura, sendo que, a combinação desses fatores pode interferir diretamente não só na qualidade fisiológica mas também nas propriedades físicas das sementes (ex. tamanho e forma), variáveis

que são base para estudos das condições de secagem, beneficiamento e armazenamento de sementes (FERREIRA et al., 2017; MUNDSTOCK; THOMAS, 2005; SILVA et al., 2003).

No que diz respeito a qualidade fisiológica de sementes e a sua relação com a taxa de semeadura existem poucos trabalhos disponíveis na literatura (BARON et al., 2018; NAKAGAWA; CARVALHO, 2000). Principalmente relacionados à semeadura em taxa variável (STV) de sementes e os possíveis efeitos das diferentes zonas de manejo em que estas sementes são cultivadas.

Para alguns pesquisadores, a germinação das sementes, pode variar em diferentes áreas de um campo, e a STV é um método de vincular as quantidades de sementes a uma área específica, aumentando assim o rendimento das culturas (ŠARAUSKIS, 2022). Entretanto, essa variação na porcentagem de germinação não foi encontrada para as sementes de soja submetidas a um mês de armazenamento, independente da taxa de semeadura utilizada e da zona de manejo em que foram produzidas.

Corroborando com os dados encontrados nesta pesquisa, a qualidade fisiológica das sementes de soja também não foi afetada pela densidade de semeadura em trabalho realizado por França et al., (2021). Os autores avaliaram o efeito de diferentes taxas de semeadura (180; 220; 280 e 320 mil plantas ha⁻¹, que correspondem a 8; 10; 12,5 e 16 plantas por metro) e três cultivares de soja com diferentes hábitos de crescimento (TMG2181 IPRO, M 7739 IPRO e BMX Power IPRO) sobre a qualidade fisiológica das sementes (germinação e vigor [tetrazólio e envelhecimento acelerado]), e verificaram que apenas os genótipos de soja interferiram na qualidade das sementes. Os autores procederam a secagem das sementes em condições naturais em local coberto e ventilado realizando as análises logo após a colheita e secagem das sementes, eles não as mantiveram em armazenamento em câmara fria como realizado na presente pesquisa.

Vazquez et al. (2008) também não encontraram relação da qualidade fisiológica de sementes com as diferentes populações de plantas estudadas (400, 340, 280, 220 e 160 mil plantas ha⁻¹) em duas cultivares de soja (BRSMG 68 Vencedora e M-SOY 8001). Em outro estudo onde foram avaliadas quatro densidades de semeadura (150, 300, 440 e 560 mil sementes ha⁻¹) na presença e ausência de estresse térmico e hídrico também não foi observada influência da taxa de semeadura na porcentagem de germinação das sementes de soja (FERREIRA et al., 2017). Ambos os autores não avaliaram o efeito de zonas de manejo.

Portanto, quanto maior a qualidade fisiológica inicial das sementes e menor o tempo de armazenamento entre a colheita e próxima semeadura, maior a probabilidade dessas sementes de gerar campos mais produtivos. Ademais, utilizar bons equipamentos de refrigeração e armazenamento de sementes (câmaras frias), que consigam manter uma boa uniformização e

padronização do ambiente de armazenamento (umidade, temperatura) é essencial para prolongar a vida útil da semente.

4.2. Qualidade fisiológica das sementes de soja após nove meses de armazenamento

A viabilidade e o vigor das sementes de soja armazenadas por nove meses não foram influenciados pela STV, todavia sofreram a influência dos ambientes as quais foram produzidas. Zonas de manejo (ZM 1 e 2) que apresentaram textura do solo argiloso arenosa e franco argiloso arenosa (acima 30% argila) com teores de matéria orgânica acima 1,8% produziram sementes de maior qualidade fisiológica em relação as ZM (ZM 4 e 5) de textura franco arenosas com teores de matéria orgânica abaixo de 1,6% (Tabela 1, Capítulo I, Item 3.1, pg. 32).

A semente de soja, para ser considerada de alta qualidade deve ter altas taxas de vigor (>90%), germinação (>80%) e sanidade (>90%), bem como garantias de purezas física e varietal (genética) e não conter sementes de plantas daninhas (KRZYZANOWSKI, et al., 2021, PRADO et al., 2019; FRANÇA-NETO; KRZYZANOWSKI, 2018; KRZYZANOWSKI et al., 2018; BRASIL, 2013; FRANÇA-NETO et al., 2004).

Desta forma, parte-se do pressuposto que, como o sucesso de uma lavoura de soja, depende de fatores como, rápida emergência, elevado vigor de plântula, uniformidade do crescimento e desenvolvimento de plantas e maior capacidade competitiva, é fundamental o uso de sementes de alta qualidade (MARCOS-FILHO, 2015a; MARCOS-FILHO, 2015b). O uso de sementes de alta qualidade também pode ajudar a adequar a população de plantas esperada, a qual pode ser afetada por diferentes condições de campo, especialmente em situações menos favoráveis (CANTARELLI et al., 2015; MARCOS-FILHO; KIKUTI, 2006) como excesso de chuvas durante o cultivo, solos de baixa fertilidade, sem cobertura e com baixo teor matéria orgânica, presença de pragas e doenças de solo dentre outros.

Algumas pesquisas têm estudado a relação entre taxa de semeadura (fixa) e a qualidade fisiológica das sementes, e retratam que, para cultivares com alto potencial de ramificação (alta produção de nós e ramos), as densidades de plantas podem ser reduzidas, visando aumentar o vigor das sementes produzidas (BARON et al.; 2018). Todavia esse é um fato ainda pouco estudado e explicado.

Para alguns autores, a tecnologia de STV visa adequar a taxa de semeadura de acordo com a variabilidade do solo, do terreno, das condições meteorológicas, com o nível de produtividade dentre outros fatores (ŠARAUSKIS *et al.*, 2022; HAMMAN et al., 2021). Todavia, é imprescindível que, a adoção da STV esteja associada a manutenção da qualidade

física e fisiológica das sementes de soja. Nesse sentido, a presente pesquisa não encontrou influência (nem positiva nem negativa) da STV na qualidade fisiológica das sementes de soja, corroborando com outros autores que também conduziram estudos na mesma linha de pesquisas (FRANÇA et al., 2021; FERREIRA et al., 2017; VAZQUEZ et al., 2008).

A qualidade das sementes desempenha um papel fundamental, pois sementes de maior qualidade tendem a gerar campos mais produtivos (SCHEEREN et al., 2010). Uma pesquisa estimou que, cada ponto percentual aumentado no nível de vigor dos lotes de sementes de soja resultou em um aumento da produtividade de grãos de até 28 kg ha⁻¹ (BAGATELI et al., 2019), demonstrando a importância de se produzir sementes com alto vigor. Portanto, escolher bons genótipos (GRIS et al., 2010) e adotar boas práticas de manejo durante o processo de produção de sementes contribuam significativamente para a produção de sementes de alta qualidade durante a produção e durante o armazenamento (RAO et al., 2017).

A soja por apresentar elevado teor de proteína e óleo na semente, é bastante vulnerável à degradação bioquímica, o que dificulta a manutenção de sua qualidade fisiológica na entressafra durante o período em que está armazenada em câmaras frias (LOUWAARS; JONGE, 2021). A deterioração das sementes é inevitável, mas ela pode ser retardada reduzindo o tempo de armazenamento (CARDOSO et al., 2012) e garantindo que estas sementes tenham uma alta qualidade fisiológica inicial, ou seja alta qualidade antes mesmo de serem armazenadas (VERGARA et al., 2019; FORTI et al., 2010).

Mesmo algumas sementes perdendo uma certa porcentagem de germinação e vigor após nove meses de armazenamento, os dados de G, VTZ, EA e CE com apenas um mês de armazenamento (Item 3.1) apresentaram sementes de soja com alta viabilidade e alto vigor inicial, contribuindo para que essa perda de qualidade aos nove meses de armazenagem fosse bastante reduzida. A qualidade fisiológica das sementes de soja após um mês de armazenamento não foi influenciada nem pela STV nem pelas ZM, diferente das sementes armazenadas por nove meses, que sofreram diretamente a interferência da ZM em que foram cultivadas.

É importante ressaltar que, esse período de armazenagem das sementes de soja depende muito da região onde estão localizados os campos de semente e das épocas de semeadura e colheita. Na região noroeste de Minas Gerais, a recomendação é que a soja seja semeada nos meses de outubro e novembro, uma vez que as condições hídricas estão favoráveis, e as colheitas se iniciam em fevereiro e se estendem até abril (CONAB, 2024). Dessa forma, as sementes de soja podem ficar em torno de seis a nove meses armazenadas até serem utilizadas para a semeadura da próxima safra.

De acordo com Vergara et al., (2019), existe variabilidade espacial no potencial de armazenamento das sementes de acordo com local de onde elas são colhidas em um campo de produção de sementes de soja. Para os autores, a qualidade fisiológica das sementes de soja (principalmente relacionadas ao vigor) colhidas de diferentes posições na lavoura não é uniforme, entretanto, eles atribuem essa desuniformidade aos danos por umidade (interferências climáticas) e ataque de percevejos, os quais resultaram em menor potencial de armazenamento das sementes.

A presente pesquisa corrobora com a afirmação de Vergara et al., (2019) de que o ambiente de produção pode interferir na qualidade fisiológica da semente. Entretanto, essa variabilidade no potencial de armazenamento é decorrente de atributos do solo onde as sementes são cultivadas, em especial a textura e os teores de matéria orgânica. Os resultados desta pesquisa mostram que, o vigor das sementes, principalmente o vigor obtido pelo método de envelhecimento acelerado reduziu substancialmente nas zonas mais arenosas e com menor teor de matéria orgânica da gleba para as sementes armazenadas por nove meses em câmara fria. Portanto, a delimitação de ZMs é uma forma de classificar a variabilidade espacial dentro de um campo produção de sementes (CHEN et al., 2021; SCHENATTO et al., 2016; BAZZI et al., 2015).

Na agricultura de precisão, o solo deixa de ser tratado como homogêneo e sua variabilidade espacial é explorada e monitorada quanto às características produtivas de cada espécie (MESTAS et al., 2010; SOUZA et al., 2010). A caracterização da variabilidade espacial de um campo pode auxiliar a melhorar a eficiência do sistema de produção agrícola (VERGARA et al., 2019). Nesse sentido, a caracterização do solo quanto a textura, matéria orgânica e o teor de carbono total podem influenciar positivamente na qualidade fisiológica das sementes produzidas.

Corroborando com os dados da presente pesquisa, Mondo et al., 2012 concluíram que o teor de matéria orgânica do solo correlacionou-se positivamente com a germinação das sementes, ou seja, solos com maior porcentagem de matéria orgânica proporcionaram sementes de melhor qualidade fisiológica. De acordo com os autores este fato provavelmente está relacionado com a maior capacidade de retenção e disponibilização de água para as culturas promovida pela matéria orgânica, uma vez que o déficit hídrico afeta o metabolismo e prejudica o crescimento das plantas.

O carbono orgânico do solo tem implicações muito importantes para a qualidade do solo porque interfere na agregação, densidade, porosidade, aeração e capacidade de retenção de água além de, afetar a disponibilidade de nutrientes, como o nitrogênio, fósforo e enxofre (BAYER;

MIELNICZUK, 2008). Em regiões tropicais a matéria orgânica em níveis satisfatórios no solo é fundamental para o equilíbrio dos nutrientes por aumentar o poder tampão do solo e elevar a capacidade de troca de cátions (CTC) (RONQUIM, 2020).

Analisar apenas a matéria orgânica não é suficiente para se ter uma visão geral do que mais influencia na produtividade das culturas e estabelecer as ZM. Diversos fatores também influenciam diretamente na produtividade como o tipo de genótipo, o clima da região e a disponibilidade de água e nutrientes (CENTENO, et al., 2017). Nesse sentido, avaliar a textura do solo pode ajudar a fornecer mais dados para ajudar na melhor caracterização das ZMs e seus efeitos sobre a produtividade e a qualidade das sementes de soja. Silva et al., (2022) mostraram que o teor de argila do solo tem influência na escolha da taxa de semeadura e na produtividade da soja, indicado que as áreas com maior teor de argila devem receber as maiores taxas de semeadura de soja resultando em maiores produtividades.

A textura é uma das características do solo relacionada às partículas primárias (areia, silte e argila) (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2012) e um dos principais indicadores de qualidade e produtividade dos solos (ARAÚJO et al., 2012; WANG et al., 2005), uma vez que influencia diretamente na dinâmica da água, da adesão e coesão entre as partículas, bem como no manejo dos solos, influenciando na resistência do solo à tração. Além disto, pode ser usado como fator ambiental, pois influencia diretamente nos processos ecológicos, tais como a ciclagem de nutrientes e troca de íons (HE et al., 2014).

De acordo com a literatura em geral solos de textura argilosas tendem a ser mais produtivos (BEDIN et al., 2003), uma vez que solos arenosos são mais propensos a degradação e à perda da capacidade produtiva quando comparados aos solos argilosos, em condições ambientais similares (DONAGEMMA et al., 2016) e geralmente são mais permeáveis pois como possuem menor teor de matéria orgânica e argila, durante uma chuva forte pode acontecer escoamento superficial e o impacto das gotas podem ocasionar perda de solo devido à baixa coerência entre as partículas (TOY et al., 2002).

Entretanto, os atuais sistemas de manejo do solo permitiram tornar os solos produtivos independente da textura do solo (CENTENO, et al., 2017; FLORES et al., 2010), principalmente pelo grande desenvolvimento em máquinas adubadoras, fertilizantes, corretivos e da adoção de sistemas de agricultura de precisão.

Apesar de solos arenosos serem mais passíveis de perda, alguns estudos demonstram que ao correlacionar a produtividade da soja com a variabilidade espacial da textura do solo, as maiores produtividades da soja foram obtidas nas áreas onde havia maior porcentagem de areia no solo (INACIO; CORTEZ, 2023; BEDIN et al., 2003). Outros autores afirmam que a textura

do solo e propriedades como condutividade elétrica aparente, pH e nutrientes do solo tem correlação positiva com o rendimento das culturas (WANG et al., 2018; PERALTA et al., 2015) e são as bases para delinear as ZM (ALBORNOZ et al., 2017).

A continuidade de estudos envolvendo a qualidade fisiológica de sementes de soja em função do ambiente em que serão cultivadas se faz necessário devido à escassez de trabalhos existentes na literatura sobre este tema. Foram encontrados trabalhos que utilizaram a técnicas de agricultura de precisão para avaliar a influência da variabilidade da fertilidade do solo e sua relação com a qualidade fisiológica da semente, demonstrando que existe grande variabilidade dentro dos campos de produção, mas que, em geral as áreas com maior fertilidade são mais aptas a produzir sementes de maior qualidade fisiológica (GAZOLLA-NETO et al.; 2015, MATTIONI et. al., 2011). Outras pesquisas por sua vez encontraram reduzidas correlações entre os atributos químicos do solo e potencial fisiológico de sementes (MONDO et al., 2012). Entretanto, foram encontrados poucos trabalhos que relacionassem os atributos do solo como a textura e os teores de matéria orgânica à viabilidade e ao vigor das sementes de soja.

Por fim, a partir dos dados obtidos nesta pesquisa é possível inferir que, conhecer os atributos do solo, dentre eles o teor de matéria orgânica e a textura é fundamental para proceder a divisão dos campos de produção de sementes de soja em zonas de manejo. E a partir do momento que estas essas zonas são divididas, é fundamental que elas também sejam manejadas (tratos culturais como irrigação, adubação e cobertura morta por exemplo) de forma diferenciada, de acordo com a exigência de cada zona a fim de produzirem sementes de soja de maior qualidade fisiológica.

5. CONCLUSÕES

A tecnologia de taxa de semeadura variável não influencia na qualidade fisiológica de sementes de soja armazenadas.

A viabilidade e o vigor das sementes de soja são influenciados pelos ambientes as quais foram produzidas.

A definição de zonas de manejo pode proporcionar a produção de sementes de alta qualidade fisiológica com menor quantidade de sementes na semeadura dos campos de semente de soja.

REFERÊNCIAS

- ALBORNOZ, E. M.; KEMERER, A. C.; GALARZA, R.; MASTAGLIA, N.; MELCHIORI, R.; MARTÍNEZ, C. E. Development and evaluation of an automatic software for management zone delineation. **Precision Agriculture**, v. 19, p. 463–476, 2018. <https://doi.org/10.1007/s11119-017-9530-9>.
- ARAÚJO, E. A.; KER, J. C.; NEVES, J. C. L.; LANI, J. J. Qualidade do solo: conceitos, indicadores e avaliação. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia** v.5, n.1, 2012.
- BAALBAKI, R. Z.; ELIAS, S. G.; MARCOS-FILHO, J.; MCDONALD, M. B. (Ed.). **Seed vigor testing handbook**. Ithaca: Association of Official Seed Analysts, 2009. 341 p.
- BAGATELI, J. R.; DÖRR, C.S.; SCHUCH, L. O. B.; MENEGHELLO, G. R. Productive performance of soybean plants originated from seed lots with increasing vigor levels. **Journal of Seed Science**, v. 41, n. 2, p. 151-159, 2019.
- BALBINOT JUNIOR, A. A.; PROCÓPIO, S. O.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J. C. **Densidade de plantas na cultura da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2015. 36 p. (Documentos / Embrapa Soja, ISSN 2176-2937; n. 364).
- BARON, F. A., CORASSA, G. M., 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**, v. 22, n. 4, p. 237–242, 2018. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v22n4p237-242>.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J.P. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G.A.; SILVA, L.S.; CANELLAS, L.P.; Camargo, F.A.O. (Eds) **Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2. ed. Porto Alegre: Metropole, 2008. p. 7-16.
- BAZZI, C. L.; SOUZA, E. G.; KONOPATZKI M. R.; NÓBREGA L. H. P.; URIBE-OPAZO, M. A. Management zones applied to pear orchard. **International Journal of Food Agriculture and Environment**, v. 13, n. 1, p. 86-92, 2015.
- BEDIN, I.; FURTINI NETO, A. E.; RESENDE, A. V.; FAQUIN, V.; TOKURA, A. M.; SANTOS, J. Z. L. Fertilizantes fosfatados e produção da soja em solos com diferentes capacidades tampão de fosfato. **Revista de Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 639-646, 2003.
- BELLALOUI, N.; BRUNS, H. A.; ABBAS, H. K.; MENGISTU, A.; FISHER, D. K.; REDDY, K. N. Effects of row-type, row-spacing, seeding rate, soil-type, and cultivar differences on soybean seed nutrition under us Mississippi Delta conditions. **PLoS One**, v. n. , 2015. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0129913>.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 8. ed. São Paulo: Ícone, 2012. 355 p.
- BRASIL. Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento. **Instrução Normativa MAPA 45/2013**. Diário Oficial da União, 20/09/2013, Seção 1. 2013. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos->

agricolas/sementes-e-mudas/publicacoes-sementes-e-mudas/copy_of_INN45de17desetembrode2013.pdf. Acesso em 09 de fev., 2024.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras Para Análise de Sementes**. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2009. 399 p.

CAMICIA, R. G. M.; MAGGI, M. F.; SOUZA, E. G.; BAZZI, C. L.; KONOPATZKI, E. A.; MICHELON, G. K.; PINHEIRO, J. B. S. Productivity of soybean in management zones with application of different sowing densities. **Ciência Rural**, v.48, n.12, e20180532, 2018. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20180532>.

CANTARELLI, J. L. D.; SCHUCH, L. O. B.; TAVARES, L. C.; RUFINO, C. A. Variability of soybean plants originated from seeds with different physiological quality levels. **Acta Agronômica**, v. 64, n. 3, p. 218-222, 2015.

CARDOSO, R.B.; BINOTTI, F.F.S.; CARDOSO, E.D., 2012. Potencial fisiológico de sementes de crambe em função de embalagens e armazenamento. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 3, p. 272-278, 2012. <http://dx.doi.org/10.1590/S1983-40632012000300006>.

CENTENO, L.N.; GUEVARA, M.D.F.; CECCONELLO, S.T.; SOUSA, R.O.D.; TIMM, L.C. textura do solo: conceitos e aplicações em solos arenosos. **Revista Brasileira de Engenharia e Sustentabilidade**, v.4, n.1, p.31-37, jul. 2017.

CHEN, S.; DU, T.; WANG, S.; PARSONS, D.; WU, D.; GUO, X.; LI, D. Quantifying the effects of spatial-temporal variability of soil properties on crop growth in management zones within an irrigated maize field in Northwest China. **Agricultural Water Management**, v. 244. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106535>.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Brasília, DF: CONAB, v.11, Safra 2023/24, n. 5, fevereiro, 2024. 122 p. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em 09 fev., 2024.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra brasileira de grãos**. Brasília, DF: CONAB, v. 11, safra 2023/24, n. 3, dezembro, 2023. 137 p. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>. Acesso em: 07 jan. 2024.

CORASSA, G. M.; AMADO, T. J. C.; STRIEDER, M. L.; SCHWALBERT, R.; PIRES, J. L. F., CARTER, P. R.; CIAMPITTI, I. A. Optimum soybean seeding rates by yield environment in southern Brazil. **Agronomy Journal**, v. 110, p. 2430-2438, 2018.

COX, W. J.; CHERNEY, J. H. Growth and yield responses of soybean to row spacing and seeding rate. **Agronomy Journal**, v. 103, p. 123-128, 2011.

COX, W. J.; CHERNEY, J. H.; SHIELDS, E. Soybeans compensate at low seeding rates but not at high thinning rates. **Agronomy Journal**, v. 102, p. 1238-1243, 2010.

GEBBERS, R.; ADAMCHUK, V. I. Precision agriculture and food security. **Science**, v. 327, n. 5967, p. 828–831, 2010. <https://doi:10.1126/science.1183899>.

FERREIRA, A. S.; BALBINOT JUNIOR, A. A. B.; WERNER, F.; ZUCARELI, C. Yield performance of soybean cultivars with indeterminate growth habits in response to plant spatial arrangement. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 40, n. 6, suplemento 2, p. 2905-2916, 2019.

FERREIRA, A. S.; ZUCARELI, C.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; WERNER, F.; COELHO, A. E. Size, physiological quality, and green seed occurrence influenced by seeding rate in soybeans. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 38, n. 2, p. 595–606, 2017.

FIGUEIRA, S. R. F.; GALACHE, V. O. Análise comparativa da competitividade das exportações de soja em grão do Brasil, Estados Unidos e Argentina. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v.6 n.1, e245403, 2023. <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2021.245403>. Acesso em: 22, set. 2023.

FLORES, C.A.; RIBASKI, J.; MATTE, V.L. **Sistema agrossilvipastoril na região sudoeste do estado do Rio Grande do Sul**. 2010. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/870878/1/SistemaagrossilvipastorilnaregiaosudoestedoestadodoRioGrandedoSul.pdf>. Acesso em 09 fev. 2024.

FORBES. **Mercado de semente de soja no Brasil pode ter novo avanço após salto em 22/23**. Disponível em: <https://forbes.com.br/forbesagro/2023/08/mercado-de-semente-de-soja-no-brasil-pode-ter-novo-avanco-apos-salto-em-22-23/>. Acesso em 07 jan. 2024.

FORTI, V. A.; CICERO, S. M.; PINTO, T. L. F. Avaliação da evolução de danos por “umidade” e redução do vigor em sementes de soja, cultivar TMG113-RR, durante o armazenamento, utilizando imagens de raios x e testes de potencial fisiológico. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 3, p. 123-133, 2010.

FRANÇA, E. E.; SILVA, G. C.; ARAÚJO, M. E. V.; TEIXEIRA, I. R. T.; CORRÊA, P. C.; SILVA, A. G. Agronomic and physiological characteristics of soybean cultivars and their seeds according to plant population. **Agronomía Colombiana**, v. 39, n. 2, p. 177-186, 2021.

FRANÇA NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C. **Metodologia do teste de tretrazólio**. Londrina: Embrapa Soja, 2018. 108 p. (Documentos 406).

FRANÇA NETO, J. de B.; KRZYZANOWSKI, F.C.; HENNING, A.A.; PADUA, G.P.; LORINI, I.; HENNING, F.A. **Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade**. Londrina: Embrapa Soja, 2016. 82p. (Embrapa Soja. Documentos, 380).

FRANÇA NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; COSTA, N.P.; HENNING, A. A.; PÁDUA, G. P. **Adequação da metodologia de testes de vigor para sementes de soja**. Resultados de pesquisa da Embrapa Soja-2002: sementes e transferência de tecnologia. Embrapa Soja. 2003. Documentos 211, p. 25-32, 2004.

GAVIOLI, A.; SOUZA, E. G.; BAZZI, C. L.; GUEDES, L. P. C. Optimization of management zone delineation by using spatial principal components. **Computers and Electronics in Agriculture**, n. 127, p. 302–310, 2016. <https://doi:10.1016/j.compag.2016.06.029>.

GAZOLLA-NETO, A.; FERNANDES, M. C.; GOMES, A. D.; GADOTTI, G. I.; VILLELA, F. A. Spatial distribution of physiological quality of soybean seed production field. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 3, p. 119-127, 2015. <https://doi.org/10.1590/1983-21252015v28n314rc>.

GRIS, C. F.; PINHO, E. V. R. V.; ANDRADE, T.; BALDONI, A.; CARVALHO, M, L. M. Qualidade fisiológica e teor de lignina no tegumento de sementes de soja convencional e transgênica RR submetidas a diferentes épocas de colheita. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 2, p. 374-381, 2010.

HAMMAN, W. P.; MATCHAM, E. G.; SINGH, M. P.; LINDSEY, L. E. Comparison of variable-rate prescriptions and optimum seeding rate in soybean. **Crop Forage & Turfgrass Management**, v. 7, n. 2, p. 1-9, 2021.

HE, Y., HOU, L., WANG, H.; HU, K.; MCCONKEY, B. A modelling approach to evaluate the long-term effect of soil texture on spring wheat productivity under a rain-fed condition. **Scientific Reports**, v. 4, n. 5736, 2014. <https://doi.org/10.1038/srep05736>.

HÖRBE, T.A.N.; AMADO, T.J.C.; FERREIRA, A.O.; ALBA, P.J. Optimization of corn plant population according to management zones in Southern Brazil. **Precision Agriculture**, v. 14, p. 450–465, 2013. <http://doi:10.1007/s11119-013-9308-7>.

INACIO, K. A. M.; J. W. CORTEZ. Variabilidade espacial da produtividade da soja e sua correlação com atributos químicos e textura do solo. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, v.17, n.2, p.1-18, e03226, 2023. <https://doi.org/10.24857/rgsa.v17n2-030>.

KOLCHINSKI, E.M.; SCHUCH, L.O.B.; PESKE, S.T. Crescimento inicial de soja em função do vigor das sementes. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 12, n. 2, p. 163-166, 2006.

KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J.B.; PRADO, J. P.; HENNING, F. A. **Teste de condutividade elétrica para avaliar o vigor da semente de soja**. Londrina: Embrapa, v. 199, 2023. 21p. (Circular Técnica [online] 199). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1158188/1/Circ-Tec-199.pdf>. Acesso em 09 de fev. 2024.

KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; MARCOS-FILHO, J.; FRANÇA-NETO, J. B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. 2.ed. Londrina: Abrastes, 2021. 601 p.

KRZYZANOWSKI, F.C., FRANÇA-NETO, J.B.; HENNING, A.A. **A alta qualidade de sementes de soja: fator importante para a produção da cultura**. Londrina: Embrapa, v. 136, 2018. 24 p. (Circular Técnica [online] 136). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/177391/1/CT136-online.pdf>. Acesso em: 07 jan. 2024.

LINDBLOM, J.; LUNDSTRÖM, C.; LJUNG, M.; JONSSON, A. Promoting sustainable intensification in precision agriculture: review of decision support systems development and strategies. **Precision Agriculture**, v. 18, p. 309-331, 2017.

LOUWAARS, N.; JONGE, B. Regulating seeds a challenging task. **Agronomy**, v.11, n.11, p. 2324, 2021. <https://doi.org/10.3390/agronomy11112324>.

LUDWIG, M. P.; DUTRA, L. M. C.; FILHO, O. A. L.; ZABOT, L.; UHRY, D. Populações de plantas na cultura da soja em cultivares convencionais e *Roundup Ready*TM. **Revista Ceres**, v. 58, p. 305-313, 2011.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Os municípios mais ricos do agronegócio**. 2022. Nota nº 01-2022/CGPLAC/DAEP/SPA/MAPA.

MARCOS-FILHO, J. Seed vigor testing: an overview of the past, present and future perspective. **Scientia Agrícola**, v. 72, n. 4, p. 363-374, 2015a. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-9016-2015-0007>.

MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. 2. ed. Londrina: Abrastes, 2015b. 660p.

MARCOS-FILHO, J.; KIKUTI, A. L. Vigor de sementes de rabanete e desempenho de plantas em campo. **Revista Brasileira de Sementes**. v. 28, n. 3, p. 44 – 51, 2006.

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

MESTAS, R. M.; ROQUE, M. W.; MATSURA, E. E.; BIZARY, D. R.; PAZ, A. Variabilidad espacial de los atributos físico-hídricos del suelo y de la productividad del cultivo de fréjol (*Phaseolus vulgaris* L) irrigado bajo un sistema de siembra directa. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 33, n. 1, p. 307-313, 2010. <https://doi.org/10.19084/rca.15840>.

MONDO, V. H. V.; GOMES JUNIOR, F. G.; PINTO, T. L. F.; MARCHI, J. L.; ARAÚJO 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 area. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 34, n. 2, p. 193- 201, 2012.

MUNDSTOCK, C.M.; THOMAS, A.L. **Soja: fatores que afetam o crescimento e o rendimento de grãos**. 1. ed. Porto Alegre, Departamento de plantas de lavoura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005. 35p.

NAKAGAWA, J.; CARVALHO, N. M. **Sementes-Ciência, tecnologia e produção**. 4. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588p.

PERALTA, N. R.; COSTA, J. L.; BALZARINI, M.; FRANCO, M. C.; CÓRDOBA, M.; BULLOCK, D. Delineation of management zones to improve nitrogen management of wheat. **Computers and Electronics in Agriculture**. v. 110, p. 103-113, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2014.10.017>.

PETTER, F. A.; SILVA, J. A.; ZUFFO, A. M.; ANDRADE, F. R.; PACHECO, L. P.; ALMEIDA, F. A. Does high seeding density increase soybean productivity? Photosynthetically active radiation responses. **Bragantia**, v. 75, p. 173-183, 2016.

PRADO, J. P.; FRANCISCO CARLOS KRZYZANOWSKI, F. C.; MARTINS, C. C.; VIEIRA, R. D. Physiological potential of soybean seeds and its relationship to electrical conductivity. **Journal of Seed Science**, v. 41, p. 407-415, 2019.

RAO, N.K.; DULLOO, M.E.; ENGELS, J.M.M. A review of factors that influence the production of quality seed for long-term conservation in genebanks. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 64, n. 5, p. 1061-1074, 2017. <https://doi.org/10.1007/s10722-016-0425-9>.

RIBEIRO, A. B. M.; BRUZI, A. T.; ZUFFO, A. M.; ZAMBIAZZI, E.V.; SOARES, I. O.; VILELA, N. J. D.; PEREIRA, J. L. DE A. R.; MOREIRA, S. G. Desempenho produtivo de cultivares de soja cultivadas em diferentes densidades de plantas. **Ciência Rural**, v. 47, n. 7, p. 01-08, 2017.

RONQUIM, C. C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. 2. ed. Campinas: Embrapa Territorial. 2020. 34 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1128267/1/5840.pdf>. Acesso em 09 fev. 2024.

ROWNTREE, S.C.; SUHRE, J.J.; WEIDENBENNER, N.H.; WILSON, E.W.; DAVIS, V.M.; NAEVE, S.L.; CASTEEL, S.N.; DIERS, B.W.; ESKER, P.D.; SPECHT, J.E.; CONLEY, S.P. Genetic gain \times management interactions in soybean: I. Planting date. **Crop Science**, v. 53, n. 3, p. 1128–1138, 2013. <https://doi.org/10.2135/cropsci2012.03.0157>.

ŠARAUSKIS, E.; KAZLAUSKAS, M.; NAUJOKIENE, V.; BRUCIENE, I.; STEPONAVICIUS, D.; ROMANECKAS, K.; JASINSKAS, A. Variable rate seeding in precision agriculture: recent advances and future perspectives. **Agriculture**, v. 12, n. 305, p. 1-24, 2022.

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, n. 3, p. 35-41, 2010.

SCHENATTO, K.; SOUZA, E. G.; BAZZI, C. L.; BIER, V. A.; BETZEK, N. M.; GAVIOLI, A. A. Data Interpolation in the definition of management zones. **Acta Scientiarum Technology**, v. 38, n. 1, p. 31-40, 2016. <http://doi:10.4025/actascitechnol.v38i1.27745>.

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. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-31222009000100016>.

SHEARER, S.A.; PITLA, S.K. Precision planting and crop thinning. In: S.L. YOUNG, S. L.; PIERCE, F.J. (Eds.), **Automation: The future of weed control in cropping systems**. Dordrecht, The Netherlands: Springer, p. 99–124, 2014. https://doi.org/10.1007/978-94-007-7512-1_6.

SILVA, E. E.; BAILO, F. H. R.; TEODORO, L. P. R.; CAMPOS, C. N. S.; PLASTER, O. B.; TEODORO, P. E. Variable-rate seeding in soybean according to soil attributes related to grain yield. **Precision Agriculture**, v. 23, p. 35-51, 2022.

SILVA, F. S.; CORRÊA, P. C.; GONELI, A. L. D.; RIBEIRO, R. M.; AFONSO JÚNIOR, P. C. Efeito do beneficiamento nas propriedades físicas e mecânicas dos grãos de arroz de distintas variedades. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 5, n. 1, p. 33-41, 2003.

SMANIOTTO, T.A.S.; RESENDE, O.; MARÇAL, K.A.F.; OLIVEIRA, D.E.C.; SIMON, G.A. Qualidade fisiológica das sementes de soja armazenadas em diferentes condições. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 4, p. 446-453, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662014000400013>.

SNA - Sociedade Nacional de Agricultura. **A safra 2023/24 de soja e a importância das sementes certificadas para a produtividade**. Disponível em: <https://www.sna.agr.br/a-safra-2023-24-de-soja-e-a-importancia-das-sementes-certificadas-para-a-produtividade/>. Acesso em 07 jan. 2024.

SOUZA, A. D. V. ; SANTOSA, D.; RODRIGUES, A. A.; ZUCHIB, J.; VIEIRA, M. C.; SALESA, J. F. Physical and physiological soybean seed qualities stored under different environmental conditions and storage bag depths. **Brazilian Journal of Biology**, 2023, v. 83, e277916, p. 1-10, 2023. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.277916>.

SOUZA, C. M. A.; BOTTEGA, E. L.; VILELA, F. V.; RAFULL, L. Z. L.; QUEIROZ, D. M. Espacialização de perdas e da qualidade do feijão em colheita semimecanizada. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 32, n. 2, p. 201-208, 2010. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v32i2.3240>.

THOMPSON, N. M.; LARSON, J. A.; LAMBERT, D. M.; ROBERTS, R. K.; MENGISTU, A.; BELLALLOUI, N.; WALKER, E. R. Mid-south soybean yield and net return as affected by plant population and row spacing. **Crop Economics, Production & Management**, v. 107, p. 979-989, 2015.

TOLEDO, M. Z.; FONSECA, N. R.; CÉSAR, M. L.; SORATTO, R. P.; CAVARIANI, C.; CRUSCIOL, C. A. C. Qualidade fisiológica e armazenamento de sementes de feijão em função da aplicação tardia de nitrogênio em cobertura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 39, n. 2, p. 124 -133, 2009.

TOURINO, M. C. C.; REZENDE, P. M.; SALVADOR, N. Row spacing plant density and intrarow plant spacing uniformity effect on soybean yield and agronomic characteristics. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 8, p. 1071-1077, 2002. <https://doi:10.1590/s0100-204x2002000800004>.

TOY, T. J.; FOSTER, G. R.; RENARD, K. G. **Soil erosion: Processes, prediction, measurement, and control**. New York: John Wiley & Sons, 2002.

USDA - United States Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service. **Oilseeds: World Markets and Trade**, December, 2023, 38 p. Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/oilseeds.pdf>. Acesso em: 07 jan. 2024.

VANLAUWE, B., MUKALAMA, J., ABAIDOO, R., SANGINGA, N. Soybean Varieties, Developed in Lowland West Africa, Retain Their Promiscuity and Dual-Purpose Nature Under Highland Conditions in Western Kenya. In: BATIONO, A., WASWA, B., OKEYO, J., MAINA, F., KIHARA, J. (eds) **Innovations as Key to the Green Revolution in Africa**. Springer, Dordrecht, p. 133–144, 2011. https://doi.org/10.1007/978-90-481-2543-2_12.

VAN ROEKEL, R.J., PURCELL, L.C.; SALMERON, M. Physiological and management factors contributing to soybean potential yield. **Field Crops Research**, v. 182, p. 86–97, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2015.05.018>.

VAZQUEZ, G. H.; CARVALHO, N. M.; 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, n. 2, p. 1–11, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0101-31222008000200001>.
VERGARA, R. O.; GAZOLLA-NETO, A.; GADOTTI, G. I. Space distribution of soybean seed storage potential. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 32, n. 2, p. 399 – 410, 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252019v32n213rc>.

VITIS, M.; HAY, F.R.; DICKIE, J.B.; TRIVEDI, C.; CHOI, J.; FIEGENER, R. Armazenamento de sementes: manutenção da viabilidade e vigor das sementes para uso em restauração. **Restoration Ecology**, v. 28, p. 249-255, 2020.

WALKER, E.R.; MENGISTU, A.; BELLALLOUI, N.; KOGER, C.H.; ROBERTS, R.K.; LARSON, J.A. Plant population and row-spacing effects on maturity group III soybean. **Agronomy Journal**, v. 102, p. 821–826, 2010. <https://doi:10.2134/agronj2009.0219>.

WANG, X. X.; LIU, S.; ZHANG, S.; LI, H.; MAIMAITIAILI, B.; FENG, G.; RENGEL, Z. Localized ammonium and phosphorus fertilization can improve cotton lint yield by decreasing rhizosphere soil pH and salinity. **Field Crops Research**, v. 217, p. 75-81, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.12.011>.

WANG, Q.; OTSUBO, K.; ICHINOSE, T. **Digital map sets for evaluation of land productivity**. Disponível em: <https://globalmaps.github.io/>. Acesso em 09 fev. 2024.

6. CONCLUSÕES GERAIS

As zonas de Manejo (ZM) estudadas nesta pesquisa, foram classificadas quanto à textura em Argiloso Arenosa (ZM 1), Franco Argiloso Arenosa (ZM 2 e 3) e as áreas mais arenosas classificadas como Franco Arenoso (ZM 4 e 5) nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm.

A adoção da tecnologia de semeadura em taxa variada de sementes de soja não proporcionou melhoras significativas nos componentes de rendimento da soja, principalmente em produtividade, massa de grãos e número de grãos por vagem. Entretanto foram observadas diferenças no parâmetro morfológico diâmetro do hipocótilo e nos componentes de rendimento número de vagens e número nós por planta entre as diferentes zonas de manejo, independente da taxa de semeadura. As plantas provenientes da ZM 3, textura franco-agilosa-arenosa com maiores teores de matéria orgânica na profundidade 0-20cm, proporcionam os maiores valores de diâmetro do hipocótilo, número de vagens por planta e número de nós.

A viabilidade e o vigor das sementes de soja são influenciados pelos ambientes as quais foram produzidas. Zonas de manejo que apresentaram classe textura argiloso arenosa e franco argiloso arenosa (acima 30% argila) com teores de matéria orgânica acima 1,8% produzem sementes de maior qualidade fisiológica.

Nas condições desta pesquisa, cultivar M6210 em área irrigada, o uso de menor quantidade de sementes de soja nos campos de produção ($15,5$ sementes m^{-1}) proporciona redução da quantidade de sementes para a semeadura sem afetar o desempenho da soja, além de proporcionar sementes de alta qualidade fisiológica.

É importante ressaltar que, a agricultura de precisão tem inúmeras vantagens, principalmente no que se refere a correção de solo e uniformização da fertilidade das áreas de produção, nas pulverizações em taxa variável para controle de plantas daninhas por exemplo. Entretanto quanto a semeadura em taxa variável de sementes de soja, os dados desta pesquisa mostraram que esta tecnologia não apresentou grandes diferenças em relação a técnica convencional de semeadura em taxa fixa, no que se refere aos parâmetros morfológicos (com exceção do diâmetro do hipocótilo), os componentes de rendimento, principalmente a produtividade, e a qualidade fisiológica da semente. Por fim, cultivar sementes de soja em zonas de manejo com maior teor de argila e matéria orgânica, podem contribuir significativamente para a melhora da qualidade das sementes, principalmente quando essas são armazenadas por um período de até nove meses em galpão climatizado

ANEXO 1

Anexo 1 – Cronograma de manejo fitossanitário e adubação realizado na área de produção de soja semente no ano agrícola 2021/2022. Unaí, MG, 2023.

Data	Tipo de aplicação	Produto Comercial	Ingrediente Ativo	Dose (L ou Kg ha⁻¹)	Volume de Calda (L ha⁻¹)
21/09	Dessecação	Fertimaster Megafix Tech	fertilizante foliar/adjuvante	0,05	100
		U46 BR SL	2,4-D	2,00	
		Fighter	adjuvante	0,10	
04/10	Dessecação	Crucial 698 SL ¹	glifosato	3,50	100
		U46 BR SL	2,4-D	0,70	
		Zethamaxx SC ²	imazetapir + flumioxazina	0,50	
		Fertimaster Megafix Tech	fertilizante foliar/adjuvante	0,10	
11/10	Dessecação	Crucial 698 SL	glifosato	2,50	100
		U46 BR SL	2,4-D	0,50	
		Fighter	adjuvante	0,05	
		Fertimaster Megafix Tech	fertilizante foliar/adjuvante	0,05	
15/10	Adubação de pré-semeadura	Yara	MAP 11-52-00	210,00	-
		Yara	KCl (60% K ₂ O)	180,00	-
		Fortenza 600 FS ³	ciantranilprole	0,06	
21/10	Tratamento de Sementes	Maxim XL ³	metalaxil-m + flurioxonil	0,100	100
		CMZ Infinity	fertilizante	0,091	
		Booster	fertilizante	0,091	
22/10	Pré-emergência + dessecação	Dessicash SL	diquate	2,00	100
		Kyojin SC	piroxasulfona + flumioxazina	0,40	
		Fertimaster Megafix Tech	fertilizante foliar/adjuvante	0,10	
08/11	Pós-emergência inicial	Ridover WG ⁴	glifosato	1,00	100
		Fighter	adjuvante	0,10	
16/11	*Adubação Foliar	Aminoagro Vegetação	fertilizante	1,50	15
		Fertimaster COMO+Ni	fertilizante	0,20	
23/11	Inseticida + Foliar	Karate Zeon 50 CS ⁵	lambda-cialotrina	0,10	100
		Aminoagro Vegetação	fertilizante foliar	2,00	
01/12	Pós-emergência tardia + Inseticida	Crucial 698 SL	glifosato	1,80	50
		Fighter	adjuvante	0,10	
		Karate Zeon 50 CS	lambda-cialotrina	0,08	
01/12	Adubação Foliar	Fertimaster Soya Plus	fertilizante	2,00	15
		Fertimaster COMO+Ni	fertilizante foliar	0,10	
		Agr'oleo	óleo vegetal	0,40	
18/12	Fungicida + Inseticida	Fox Xpro	bixagem + protioconazol + trifloxistrobina	0,50	50
		Troia 800 WP ⁶	mancozebe	1,50	
		Approve	tiofanato-metílico + fluazinam	1,00	
		Engeo Pleno S	tiametoxam + lambda-cialotrina	0,35	
		Aureo	óleo vegetal	0,10	

continua...

		Fox Xpro	bixagem + protioconazol + trifloxistrobina	0,50	
28/12	Fungicida + Inseticida	Curado	fluazinam	0,70	50
		Sialex 500	procimidona	0,70	
		Fulland	fertilizante foliar	0,80	
		Aureo	óleo vegetal	0,10	
		Pirate	clorfenapir	1,00	
29/12	Fungicida + Inseticida	Curado	fluazinam	1,00	50
		Sialex 500	procimidona	0,50	
		Mees	adjuvante	0,10	
		Serquinutri Boro Poliol	fertilizante foliar	1,00	
03/01	Fungicida + Inseticida + Foliar	Serquinutri Soja	fertilizante foliar	2,00	50
		Aminoagro Magnésio	fertilizante foliar	1,00	
		Cypress 400 EC ⁷	difeconazol + ciproconazol	1,50	
		Engeo Pleno S	tiametoxam + lambda- cialotrina	0,30	
		Pirate	clorfenapir	1,00	
05/01	Fungicida				100
08/01	Fungicida	Zignal	fluazinam	1,00	50
		Mitrion	benzovindiflupir + protioconazol	0,45	
10/01	Fungicida + Foliar	Sialex 500	procimidona	0,50	50
		Cupperfos	fertilizante foliar	0,50	
		Echo 720	clorotalonil	1,00	
		Komus Flex	adjuvante	0,10	
		Zignal	fluazinam	0,69	
		Curado	fluazinam	0,10	
		Fertimaster Cobre 145	fertilizante foliar	0,20	
		Fertimaster COMO+Ni	fertilizante foliar	0,20	
17/01	Inseticida + Foliar	Serquinutri Boro Poliol	fertilizante foliar	1,00	15
		Engeo Pleno S	tiametoxam + lambda- cialotrina	0,30	

*dose média de adubação aplicada em taxa variada. ¹SL: concentrado solúvel; ²SC: suspensão concentrada; ³FS e XL: suspensão concentrada para tratamento de sementes; ⁴WG: grânulos dispersíveis em água; ⁵CS: suspensão de cápsulas; ⁶WP: pó molhável; ⁷EC: concentrado emulsionável. Fonte: Agrofit - MAPA (2023).



UFVJM