

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**ANGELA APARECIDA CARLESO**

**CULTIVARES DE DIFERENTES GRUPOS DE MATURAÇÃO EM AMBIENTES DE  
FERTILIDADES DISTINTAS**

**DOIS VIZINHOS  
2023**

**ÂNGELA APARECIDA CARLESO**

**CULTIVARES DE DIFERENTES GRUPOS DE MATURAÇÃO EM AMBIENTES DE  
FERTILIDADES DISTINTAS**

**CULTIVARS FROM DIFFERENT MATURATION GROUPS IN DIFFERENT  
FERTILITY ENVIRONMENTS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos – UTFPR- DV, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Agroecossistemas.

Orientador: Carlos André Bahry.  
Coorientadora: Anelise Tessari Perboni

**DOIS VIZINHOS  
2023**



Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

**ANGELA APARECIDA CARLESO**

**CULTIVARES DE DIFERENTES GRUPOS DE MATURAÇÃO EM AMBIENTES DE  
FERTILIDADES DISTINTAS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos – UTFPR- DV, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Agroecossistemas.

Data de aprovação: 17 de maio de 2023.

---

Carlos André Bahry (Presidente)  
Doutor em Ciências  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos

---

Douglas Júnior Bertocelli (Membro externo)  
Doutorado em Agronomia  
Pesquisador

---

Jean Carlo Possenti (Membro interno)  
Doutorado em Ciências  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos

**DOIS VIZINHOS  
2023**

## **ADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente ao meu orientador Prof. Dr. Carlos André Bahry, pelo apoio e orientações durante toda esta trajetória desde a graduação.

Aos meus colegas do Grupo de Pesquisa em Soja por todo auxílio durante a condução deste trabalho.

A Secretaria do Curso, a Coordenação e a UTFPR pela oportunidade de realizar esse Mestrado.

Agradeço também pela bolsa de fomento à pesquisa concedida pela UTFPR durante o primeiro ano de pesquisa.

Enfim, a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização deste trabalho.

## RESUMO

Dentre as culturas de exploração agrícola, a soja é a que tem apresentado o maior crescimento em área ao longo das últimas décadas. Essa expansão territorial está associada à exploração em diferentes ambientes de produção, com grandes variações edafoclimáticas e de manejo, o que tem exigido pesquisas em ambientes mais específicos, visando maximizar a produtividade das diferentes cultivares. O objetivo do trabalho foi avaliar o crescimento e o desempenho produtivo de cultivares de soja, de diferentes grupos de maturidade relativa, em dois ambientes de produção, contrastantes para química do solo. Os ensaios foram conduzidos na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos, nas safras 2019/20 e 2020/21. Na primeira, 15 cultivares foram testadas e na segunda safra, 16 cultivares. As variáveis analisadas foram: massa seca de parte aérea em V<sub>2</sub>, 14 e 28 dias após a primeira coleta, altura da planta, inserção de primeiro legume, número de legumes e de grãos por planta, número de grãos por legume, massa de mil grãos, produtividade e índice de colheita. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância, seguida de comparação de médias por Scott Knott e correlação de Pearson. De uma forma geral, as cultivares tiveram maior acúmulo de massa seca de parte aérea e desempenho produtivo quando cultivadas na área de maior fertilidade, em ambas as safras; porém, com algumas variações. O índice de colheita, por ter apresentado correlação leve a intermediária com a produtividade de grãos das cultivares, não pode ser usado como único parâmetro para avaliar eficiência produtiva destas.

**Palavras-chave:** fertilidade do solo; produtividade de grãos; índice de colheita, grupo de maturidade relativa.

## ABSTRACT

Among agricultural crops, soybean is the one that has shown the greatest growth in area over the last few decades. This territorial expansion is associated with exploration in different production environments, with great edaphoclimatic and management variations, which has required research in more specific environments, aiming to maximize the productivity of different cultivars. The aim of this work was to evaluate the growth and productive performance of soybean cultivars, from different groups of relative maturity, in two production environments, contrasting for soil chemistry. The trials were conducted at the Federal Technological University of Paraná, Campus Dois Vizinhos, in the 2019/20 and 2020/21 crop years. In the first crop year, 15 cultivars were tested and in the second crop year, 16 cultivars. The variables analyzed were: shoot dry mass in V<sub>2</sub>, 14 and 28 days after the first collection, plant height, insertion of the first pod, number of pods and grains per plant, number of grains per pod, mass of one thousand grains, productivity and harvest index. The experimental design used was randomized blocks, with four replications. Data were subjected to analysis of variance, followed by comparison of means by Scott Knott and Pearson correlation. In general, the cultivars had greater accumulation of shoot dry mass and productive performance when cultivated in the area of greater fertility, in both seasons; however, with some variations. The harvest index, since it presented a slight to intermediate correlation with the grain yield of the cultivars, cannot be used as the only parameter to evaluate their productive efficiency.

**Keywords:** soil fertility; grain productivity; harvest index, relative maturity group.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1 - Temperatura máxima (°C), Temperatura mínima (°C) e precipitação acumulada (mm) durante a safra 2019/20 .....</b>	<b>26</b>
<b>Figura 2 - Temperatura máxima (°C), Temperatura mínima (°C) e precipitação acumulada (mm) durante a safra 2020/21 .....</b>	<b>37</b>
<b>Figura 3 - NLP e NGP médios de dezesseis cultivares de soja cultivadas em dois ambientes contrastantes para a química do solo, na safra 2020/21.....</b>	<b>42</b>

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resumo da Análise de Variância para a altura de planta (AP), altura de inserção do primeiro legume na haste principal (IPL), número de legumes por planta (NLP), número de grãos por planta (NGP), número de grãos por legume (NGL), massa de mil grãos (MMG), massa seca de parte aérea (MSPA 1, 2 e 3), produtividade de grãos e índice de colheita de quinze cultivares de soja cultivadas em dois ambientes contrastantes para a química do solo, na safra 2019/20.....	27
Tabela 2 - Dados médios da massa seca de parte aérea de plantas coletadas no estádio V2 (MSPA 1) de quinze cultivares de soja cultivadas em dois ambientes contrastantes para a química do solo, na safra 2019/20.....	28
Tabela 3 - Dados médios da massa seca de parte aérea de plântula (MSPA) coletada 14 e 28 dias após a MSPA1 de quinze cultivares de soja cultivadas em dois ambientes contrastantes para a química do solo, na safra 2019/20.....	29
Tabela 4 - Dados médios da altura de planta (AP), da altura de inserção do primeiro legume na haste principal (IPL) e do número de legumes por planta (NLP) de quinze cultivares de soja cultivadas em dois ambientes contrastantes para a química do solo, na safra 2019/20.....	30
Tabela 5 - Dados médios do número de grãos por planta (NGP), do número de grãos por legume (NGL) e da massa de mil grãos (MMG) de quinze cultivares de soja cultivadas em dois ambientes contrastantes para a química do solo, na safra 2019/20.....	33
Tabela 6 - Dados médios da produtividade de grãos (PROD) e do índice de colheita (IC) de quinze cultivares de soja cultivadas em dois ambientes contrastantes para a química do solo, na safra 2019/20.....	34
Tabela 7 - Correlação de Pearson entre as variáveis respostas de quinze cultivares de soja cultivadas em dois ambientes contrastantes para a química do solo, na safra 2019/20.....	35
Tabela 8 - Resumo da Análise de Variância para a altura de planta (AP), altura de inserção do primeiro legume na haste principal (IPL), número de legumes por planta (NLP), número de grãos por planta (NGP), número de grãos por legume (NGL), massa de mil grãos (MMG), massa seca de parte aérea (MSPA), produtividade de grãos e índice de colheita de dezesseis cultivares de soja cultivadas em dois ambientes contrastantes para a química do solo, na safra 2020/21.....	38
Tabela 9 - Dados médios da massa seca de parte aérea de plântula coletada no estádio XX (MSPA1), 14 dias após (MSPA2) e 28 dias após a primeira coleta (MSPA3) de dezesseis cultivares de soja cultivadas em dois ambientes contrastantes para a química do solo, na safra 2020/21.....	39
Tabela 10 - Dados médios da altura de planta (AP), da altura de inserção do primeiro legume na haste principal (IPL) e do número de legumes por planta (NLP) de dezesseis cultivares de soja cultivadas em dois ambientes contrastantes para a química do solo, na safra 2020/21.....	40
Tabela 11 - Dados médios da massa de mil grãos (MMG), produtividade e índice de colheita de dezesseis cultivares de soja cultivadas em dois ambientes contrastantes para a química do solo, na safra 2020/21.....	43



<b>Tabela 12 - Correlação de Pearson entre as variáveis respostas de dezesseis cultivares de soja cultivadas em dois ambientes contrastantes para a química do solo, na safra 2020/21.....</b>	<b>46</b>
--	-----------

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1 - Relação de cultivares de cultivares testadas em duas safras e suas principais características quanto às tecnologias transgênicas embarcadas e grupo de maturidade relativa (GMR).....</b>	<b>22</b>
---	-----------

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AP	Altura da planta
CFA	Clima subtropical úmido mesotérmico
Cm	Centímetros
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
GI	Graus de liberdade
GMR	Grupo de Maturidade Relativa
FBN	Fixação Biológica de Nitrogênio
FV	Fator de variação
ha <sup>-1</sup>	Hectare
IPL	Inserção do primeiro legume
IC	Índice de colheta
kg	Quilo
K <sub>2</sub> O	Óxido de potássio
KCL	Cloreto de Potássio
spp	Espécies
MMG	massa de mil grãos
MSPA1	Massa seca da parte aérea em VE
MSPA2	Massa seca da parte aérea 14 dias após primeira coleta
MSPA2	Massa seca da parte aérea 14 dias após segunda coleta
NGL	Número de grãos por legume
NGP	Número de grãos por planta
NLP	Número de legumes por planta
NPK	Nitrogênio, Fósforo, Potássio
ns	Não significativo
PROD	Produtividade
RAS	Regras de Análises de Sementes
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

## LISTA DE SÍMBOLOS

Al <sup>3+</sup>	Alumínio
°C	Graus Celsius
L	Litro
mL	Mililitro
Mm	Milímetro
Mn <sup>2+</sup>	Manganês
m <sup>2</sup>	Metro quadrado
N	Nitrogênio
P	Fósforo
°	Graus
'	Minutos
H + Al	Hidrogênio + Alumínio
pH	Potencial Hidrogeniônico
*	Significativo a 1% pelo Teste F
**	Significativo a 5% pelo Teste F

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>13</b>
<b>2.1</b>	<b>OBJETIVO GERAL.....</b>	<b>13</b>
<b>2.2</b>	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....</b>	<b>13</b>
<b>3</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>14</b>
<b>3.1</b>	<b>Fertilidade do solo.....</b>	<b>14</b>
<b>3.2</b>	<b>Exigências de fertilidade do solo para a cultura da soja .....</b>	<b>15</b>
<b>3.3</b>	<b>Grupo de maturidade relativa da soja .....</b>	<b>17</b>
<b>3.4</b>	<b>Produtividade da soja .....</b>	<b>18</b>
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>21</b>
<b>4.1</b>	<b>Localização .....</b>	<b>21</b>
<b>4.2</b>	<b>Condução do experimento .....</b>	<b>21</b>
4.2.1	Escolha das áreas .....	21
4.2.2	Adubação .....	21
4.2.3	Semeadura .....	22
4.2.4	Manejo fitossanitário.....	23
<b>4.3</b>	<b>Variáveis analisadas .....</b>	<b>23</b>
4.3.1	Matéria seca de parte aérea.....	23
4.3.2	Componentes de rendimento .....	23
4.3.3	Índice de colheita.....	24
4.3.4	Produtividade e massa de mil grãos.....	24
<b>4.4</b>	<b>Delineamento Experimental.....</b>	<b>24</b>
<b>4.5</b>	<b>Análise estatística.....</b>	<b>24</b>
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>26</b>
<b>5.1</b>	<b>Safra 2019/20.....</b>	<b>26</b>
<b>5.2</b>	<b>Safra 2020/21.....</b>	<b>37</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>48</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>49</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma leguminosa anual da família Fabaceae, sendo considerada de grande importância econômica em nível mundial, devido à sua versatilidade quanto aos diferentes ambientes de produção, além da diversidade de aplicações na alimentação humana e animal, atendendo uma gama de complexos agroindustriais (MAPA, 2014).

A cultura é atualmente a principal oleaginosa cultivada no Brasil, sendo que o país é considerado o maior produtor mundial (CONAB, 2023). É a cultura agrícola brasileira que mais cresceu nas últimas décadas, correspondendo a 49% da área plantada em grãos do país, em que o aumento da produtividade está associado aos avanços tecnológicos, manejo e eficiência dos produtores (MAPA, 2016).

A produção brasileira de soja é de 125.5 milhões de toneladas, com uma área plantada de 41.4 milhões de hectares na safra 2021/2022 (CONAB, 2023). Para a safra 2022/2023, estima-se uma área plantada de 43.5 milhões de hectares e produção de 151,4 milhões de toneladas, uma perspectiva de 20,6% de aumento em relação à safra anterior, com uma produtividade média de 3.479 kg ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2023).

Para atingir essa produtividade a cultura exige um aparato nutricional bem equilibrado para um bom desenvolvimento e produtividade. É necessário que haja, entre outras coisas, condições de fertilidade dos solos e disponibilidade de macro e micronutrientes em concentrações suficientes para atender a demanda da cultura e alta produtividade. A soja é uma planta de dia curto (COBER et al., 2014; BERGAMASCHI, 2017; ZHANG et al., 2017) e sua resposta aos fatores abióticos, como fotoperíodo e temperatura, influenciam na duração do seu ciclo. Além destes fatores ambientais, características inerentes ao manejo da lavoura, como a fertilidade do solo, podem impactar no potencial produtivo (GURMU, MOHAMMED; ALEMAW, 2009).

Um dos maiores desafios da fertilidade do solo é fornecer quantidades suficientes de nutrientes para que as culturas consigam expressar seu potencial genético de produtividade, ao passo que seja economicamente viável e ambientalmente seguro (WENDLING, et a. 2008). No entanto, muitas vezes não são obtidos os rendimentos esperados, em função de deficiências de alguns nutrientes (SFREDO; OLIVEIRA, 2010).

Com avanço no melhoramento genético da cultura as cultivares modernas têm maior produção de biomassa, produção de grãos e índice de colheita, resultando em um aumento simultâneo no acúmulo de nutrientes (BENDER, HAEGELE, BELOW, 2015). Por isso, conhecer práticas culturais compatíveis com a produção econômica, visando o acúmulo de matéria seca durante o ciclo, é fundamental para aumentar os rendimentos de grãos (FLORENCIO, 2017).

Essa expressão fenotípica é influenciada por diversos fatores edafoclimáticos e de manejo. Para isso o aprimoramento de tecnologias para manejo da cultura e o desenvolvimento de novas cultivares adaptadas e produtivas em ambientes contrastantes de cultivo, nas diversas regiões, são importantes estratégias (BORGES, 2018).

Assim, a sensibilidade diferencial de genótipos aos diferentes ambientes e solos (SILVA; DUARTE, 2006; PELÚZIO et al., 2008) é um grande desafio ao melhoramento de plantas, principalmente pelo posicionamento assertivo no mercado de novas cultivares (BORGES, 2018).

Por tanto, por haver no Brasil regiões com características diferentes no que tange às condições climáticas e tipos de solos, além da constante busca por novas áreas de exploração agrícola, se torna essencial o conhecimento da resposta de cada cultivar. Além disso, quanto às suas demandas busca-se visar e melhorar o seu posicionamento em ambientes contrastantes.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

O objetivo do trabalho foi avaliar o desempenho produtivo de cultivares de soja, de diferentes grupos de maturidade relativa, em condições de fertilidade química de solo contrastantes.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Obter resultados do acúmulo de matéria seca da parte aérea na fase vegetativa para as cultivares contrastantes em ciclo, em área de menor e maior fertilidade;

Avaliar o desempenho agrônômico das cultivares nas diferentes áreas em função dos anos de cultivo;

Verificar se há relação entre o índice de colheita com a produtividade de grãos das cultivares e em que nível de significância.



### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Fertilidade do solo

Um solo adequado para exploração de culturas produtoras de grãos, como a soja, deve ter seu pH corrigido e teores de nutrientes acima dos níveis críticos no solo. No mais um solo adequado deve apresentar atributos químicos, físicos e biológicos que não interfiram negativamente no crescimento de raízes, garantindo que a água e nutrientes proporcionem crescimento e desenvolvimento das plantas compatíveis com o padrão das cultivares selecionadas pelo melhoramento genético (ABDELNOOR, 2019).

A fertilidade dos solos deve ser equilibrada em relação à disponibilidade de macro e micronutrientes, de forma a atender a demanda da cultura da soja, buscando alta produtividade (SFREDO; OLIVEIRA, 2010). A nutrição do solo não depende apenas da fertilidade, mas também, da comunidade microbiana (FRAGOSO; ROJAS; BROWN, 1999), especialmente para culturas que dependem de associações simbióticas, como a soja (ZIMMER et al., 2020).

As áreas utilizadas para cultivo da soja, no Brasil, em sua maioria, apresentam solos ácidos e pobres em nutrientes. Para torná-los mais produtivos, o aporte de fertilizantes em quantidades elevadas é necessário, o que eleva os custos de produção para os produtores rurais (BLANCO, 2015).

A acidificação do solo é um processo natural durante a sua formação, devido ao material de origem, relevo e condições como clima e biota (AMUNDSON, 2021). No entanto, a agricultura intensiva pode contribuir para a redução do pH, acarretando menor disponibilidade de alguns nutrientes, como o fósforo e o molibdênio, aumento da toxidez do alumínio e prejuízos na atividade microbiana, influenciando negativamente na fixação biológica de nitrogênio (BROCH; RANNO, 2012).

Os solos ácidos possuem elevados teores de alumínio ( $Al^{3+}$ ) e/ou manganês ( $Mn^{2+}$ ) trocáveis, acidez potencial ( $H + Al$ ), baixa saturação de bases e teores baixos de fósforo (P) disponível para as plantas. No Paraná, grande parte dos solos apresentam acidez superficial, com presença de alumínio tóxico e baixo teor de cálcio, prejudicando o crescimento radicular e a produtividade das culturas, principalmente nas regiões do estado onde os veranicos são mais frequentes (SBCS, 2019).

Com manejo adequado e constante, os solos podem ter a fertilidade construída e, a partir disso, passam a apresentar condições físicas, químicas e biológicas adequadas para as culturas expressarem melhor seu potencial produtivo (KAPPES; ZANCANARO, 2014). Assim, o manejo do solo deve consistir em uma série de práticas que buscam manter ou melhorar a eficiência da cultura (FRANCHINI et al., 2008).

Dentre essas práticas de manejo adequados, para uma melhoria na qualidade do solo, inclui a rotação de culturas, plantio direto, manejo da correção e fertilidade, por meio da calagem, gessagem e adubação equilibrada, com macro e micronutrientes, utilizando fertilizantes químicos e/ou orgânicos (estercos, compostos, adubação verde, dentre outros) (COELHO, 2006).

### **3.2 Exigências de fertilidade do solo para a cultura da soja**

No Brasil, a soja tem sido usada em modelos de produção sucessivos, como por exemplo, soja-milho, soja-milheto, soja-trigo, soja-pousio, ou seja, sistemas pouco diversificados, o que tem acarretado e intensificado problemas como a redução da qualidade do solo, degradação de atributos físicos, químicos e biológicos (CONTINI et al., 2019).

De acordo com Benites (2012), a alta demanda por fertilizantes na cultura da soja é devido aos solos pouco férteis presentes no país. Nas áreas de produção de soja, os Latossolos são predominantes e têm como características principais boa condição física, mas são deficientes em nutrientes.

Em algumas regiões do sul do Brasil, como no Paraná e Rio Grande do Sul, os Nitossolos e Vertissolos, respectivamente, são exceções no que diz respeito a boa disponibilidade de nutrientes e podem suportar mais de uma safra de soja sem o uso de adubação, sem que haja efeito significativo na produtividade (OLIVEIRA JUNIOR et al., 2010).

No geral, sustenta-se o baixo estoque de nutrientes nos solos cultiváveis para soja, não permitindo cultivos sucessivos sem que haja reposição nutricional. O aumento gradativo da produtividade da soja ao longo dos anos é devido à melhoria do sistema de produção, como avanços genéticos, controle de pragas, e uso de fertilizantes (BENITES, 2012).

A exigência nutricional da soja e o potencial de exportação de nutrientes são características dependentes não só de fatores genéticos, mas também, influenciados por condições climáticas, fertilidade do solo e o manejo cultural (OLIVEIRA et al., 2019).

Na busca pelo aumento de produtividade das culturas é necessário que os nutrientes essenciais sejam suficientes para as demandas da cultura ao longo do ciclo. No caso da soja, nitrogênio, fósforo e potássio são os mais exigidos (SFREDO, 2008) sendo o nitrogênio o que causa mais impacto no desempenho da cultura.

Cada cultura tem sua demanda específica para cada nutriente por tonelada de grãos produzida e diversos fatores podem influenciar nos processos de absorção, transporte e translocação, uma vez que a retirada do nutriente do solo, e o que é requerido pela planta, é variável de acordo com a cultivar. Por isso, há a separação entre os macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) e os micronutrientes (B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni e Zn) (HAVLIN et. al., 2003; MOREIRA; MORAES, 2018).

A absorção dos nutrientes depende da demanda das plantas, da concentração destes no solo, em sua forma disponível, das condições climáticas, como temperatura e umidade. Sua limitação ou excesso pode afetar negativamente o crescimento e o desenvolvimento das plantas, refletindo na produtividade. A demanda de cada nutriente varia de acordo com o estágio fenológico da cultura, devido às funções que exercem (FAGERIA, 2009).

Segundo Oliveira Junior et al. (2016), a taxa de absorção dos nutrientes nas plantas de soja tem correlação positiva com a produção de matéria seca, alcançando altas concentrações durante o florescimento pleno e início da formação de vagens.

Assim, o acúmulo de matéria seca reflete na produtividade das culturas e é dependente da assimilação de nutrientes durante todo o ciclo, decrescendo após o enchimento de grãos (GONÇALVES et al. 2010).

O pH do solo é um importante regulador da disponibilidade dos nutrientes às plantas, uma vez que não deve ser inferior a 5,6 ou acima de 8,0, para que os nutrientes exigidos estejam em formas químicas prontamente disponíveis (MOREIRA; MORAES, 2018).

Assim, a acidez dos solos influencia a disponibilidade de nutrientes, principalmente de fósforo (P), devido ser quase imóvel no solo e o potássio (K), sendo ambos necessários para que haja aumento produtivo (BATISTA et al., 2018).

A compactação do solo também é um fator limitante. Tal fator é resultado do uso do solo e da intensidade de tráfego de maquinários durante o preparo deste, manejos culturais, reduzindo a porosidade total do solo e, conseqüentemente, o potencial de infiltração da água; neste caso, poderá ocorrer déficit hídrico prematuramente na lavoura (FREDDI et al., 2017; SILVA et al., 2019).

Assim, novas abordagens vêm sendo empregadas para entender as interações entre as cultivares e os diferentes ambientes aos quais são submetidas, visando um melhor posicionamento de cada material, para que altos rendimentos sejam alcançados, mesmo em solos com baixa fertilidade, além da busca pela redução do uso de fertilizantes (TORRES et al., 2018).

### **3.3 Grupo de maturidade relativa da soja**

A maturidade relativa (GMR) do genótipo está relacionado ao ciclo da soja, em dias após a emergência até a maturidade fisiológica, está diretamente relacionado ao grupo de maturidade relativa do genótipo. Anteriormente, apesar de que ainda é muito utilizado junto ao setor produtivo, a soja era classificada, como superprecoce, precoce, médio, ou tardio, com variações. Porém, essa classificação, para cada material, é variável em função do local de cultivo, especialmente pela latitude (ALLIPRANDINI et al., 2009).

A partir disso, estabeleceu-se uma nova classificação para a soja, dividida em 13 grupos de maturidade relativa, que vão de 000, 00 e 0, I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, IX e X, adotada no Brasil, Estados Unidos, China e Argentina (UMBURANAS, 2018).

O triplo zero (000) refere-se ao GMR das cultivares que são adaptadas às regiões onde os dias são longos e o verão é curto (Canadá e o norte dos Estados Unidos) e o GMR X, às cultivares adaptadas às regiões tropicais, com predominância de dias curtos e menor variação do fotoperíodo ao longo do ano. Na região centro-sul do Brasil, representada, principalmente, pelos estados do RS até SP, há o predomínio de cultivares de GMR 5 a 7. Nas regiões dos cerrados até o norte do país predominam as cultivares com grupos entre 7 a 9 (UMBURANAS, 2018).

Esse novo modelo de classificação permitiu representar de forma mais adequada os fatores que afetam a duração do ciclo da soja (BEXAIRA et al., 2018), em resposta ao fotoperíodo, às práticas de manejos e área de adaptação das cultivares (ZANON et al., 2018).

Quando as cultivares são semeadas nas regiões recomendadas ao seu GMR, a duração do ciclo de desenvolvimento varia entre 125 a 140 dias para todos os GMR. Mas, quando semeadas cultivares com diferentes GMR no mesmo local e época, quanto maior for o GMR, maior será a duração do ciclo da cultivar. Porém, com o atraso na semeadura, observa-se uma redução do ciclo, independente do GMR da cultivar (ZANON et al., 2015).

Essa classificação em grupos de maturidade relativa é de suma importância para definição de parâmetros de avaliação, seleção e desenvolvimento de novas cultivares para as mais diferentes regiões produtoras dessa aleuro-oleaginosa (CAVASSIM, 2014).

### **3.4 Produtividade da soja**

O rendimento é influenciado pela ação de diversos *loci* em todo o genoma da planta e, também, por vários fatores fisiológicos, abióticos e bióticos de tolerância ao estresse (VOGEL et al., 2021). Assim, a produtividade de uma cultura se deve à interação entre o genótipo, ambiente e manejo. Esse rendimento está diretamente relacionado com o acúmulo de matéria seca, preferencialmente na fase vegetativa e início da fase reprodutiva, que é dependente de condições ambientais, época de semeadura, fertilidade do solo, espaçamento e densidade de plantas, e é fundamental para aumentar os rendimentos de grãos (FLORENCIO, 2017).

Os programas de melhoramento genético visam desenvolver cultivares altamente produtivas e, para isso, características agrônômicas como altura de planta, inserção dos primeiros legumes, número de grãos por legume, adaptação às condições de fertilidade de solo, dentre outras, são importantes variáveis a serem avaliadas (THOMAS, 2010).

O rendimento está diretamente relacionado às fases de crescimento e desenvolvimento da planta (EGLI, 2010). Durante estas fases são formados os órgãos responsáveis pela produção de biomassa, através da fotossíntese, além da absorção e assimilação de nutrientes. O número de nós é determinado na fase de crescimento vegetativo, por outro lado o número de grãos, o componente mais importante do rendimento da soja, é determinado durante o início da floração até o início do enchimento dos grãos (BOARD; TAN, 1995). O enchimento da semente determina o

peso e estas fases conferem à soja plasticidade fenotípica para o rendimento final (VOGEL et al., 2021).

O estresse pode prejudicar o crescimento e o desenvolvimento em todos os estádios fenológicos da cultura, mas durante a fase reprodutiva pode afetar mais o rendimento e levar a perdas significativas (MONZON et al., 2021). O déficit hídrico, por exemplo, afeta diretamente a produtividade, uma vez que além da falta de água o metabolismo de nutrientes e a absorção de íons é afetada (GONÇALVES, 2013), principalmente se essa estiagem ocorrer durante a fase reprodutiva, podendo prejudicar o desenvolvimento, número e o peso de grãos, causando redução no rendimento e na qualidade do produto final (KUWAYAMA et al., 2019).

Estudos têm mostrado que o índice de colheita (IC) de uma cultura tem forte correlação com a densidade de semeadura, disponibilidade de água, nutrientes e temperatura (DUARTE; MELO FILHO; SANTOS, 2013). Assim, quanto maior o IC, mais eficiente será o direcionamento e aproveitamento dos fotoassimilados e, assim, o acúmulo de matéria seca será maior e, conseqüentemente, maior o rendimento de grãos (MAGALHÃES, 2009).

Segundo Souza et al. (2014), o crescimento adequado das plantas durante a fase vegetativa garante o desenvolvimento rápido da área foliar e a melhor estruturação de plantas capaz de condicionar altos rendimentos, além de aumentar o acúmulo de proteínas, que serão translocadas para os grãos.

A soja tem capacidade de adaptar-se em relação às condições do ambiente, manejo nutricional e época de semeadura, alterando, por exemplo, o número de nós reprodutivos na haste principal e ramificações por planta, intimamente relacionado à produção de biomassa (BARBOSA; CENTURION; FERRAUDO, 2014). A absorção de nutrientes durante a fase vegetativa é dependente da quantidade acumulada nas folhas e caules, aumentando até atingir uma taxa máxima de acúmulo das partes vegetativas, passando a decrescer devido à translocação dos nutrientes para os grãos (CORDEIRO et al., 1979).

A maior velocidade de absorção ocorre aos 45 dias após a emergência, correspondendo, de uma forma geral, com ao início da floração da soja. Esse período entre a floração e o início de enchimentos das vagens constitui o período mais crítico da cultura, na qual fatores adversos como estiagem, falta de nutrientes, ataque de pragas e doenças, dentre outros, podem reduzir a produtividade de grãos em relação ao total acumulado (SEBASTIANI, 2019).

Cultivares modernas têm maior produção de biomassa, de grãos e IC, resultando em aumento simultâneo no acúmulo de nutrientes, o que facilita a resiliência da cultura quando exposta a ambientes desfavoráveis para seu desenvolvimento (BENDER; HAEGELE; BELOW, 2015).

## **4 MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 Localização**

Os ensaios foram conduzidos na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos, em duas safras, 2019/20 e 2020/21.

O local possui altitude média de 509 metros, Latitude 25°44'03" e 25°46'05" Sul e Longitude entre 53°03'01" e 53°03'10" W. O solo é classificado como Latossolo Vermelho Distroférico típico (OLIVEIRA; SARTOR, 2012).

O clima é classificado como CFA – Clima subtropical úmido mesotérmico, sem estação seca definida. A temperatura média anual fica em torno de 20 a 22°C. O verão é quente e as geadas são pouco frequentes no inverno (IAPAR, 2009).

### **4.2 Condução do experimento**

#### **4.2.1 Escolha das áreas**

A escolha das áreas foi realizada por meio de análise prévia de solo, para se certificar que estas seriam contrastantes quanto ao pH e fertilidade.

Foram realizadas amostragens de solo em diversos pontos do talhão, e em cada ponto coletou-se amostras de perfil de 0-10 centímetros. A área de maior fertilidade (local 1) apresentou, na camada de 0-10cm, 26 g.dm<sup>-3</sup> de matéria orgânica, 21 mg.dm<sup>-3</sup> de fósforo, 4,3 cmmolc.dm<sup>-3</sup> de potássio, 5,3 de pH, zero de alumínio e 59% de saturação de bases.

A área de menor fertilidade (local 2) apresentou também na camada de 0-10 cm, 36,19 g.dm<sup>-3</sup> de matéria orgânica, 1,64 mg.dm<sup>-3</sup> de fósforo, 0,5 cmmolc.dm<sup>-3</sup> de potássio, 4,5 de pH, 4,69% de saturação de alumínio e 48,5% de saturação de bases.

#### **4.2.2 Adubação**

Na adubação de pré-semeadura, na primeira safra, foi realizada a aplicação à lanço de 300 Kg.ha<sup>-1</sup> de Fort Cálcio Granulado®. Em ambas as safras, na adubação de semeadura, aplicou-se, na área de maior fertilidade, 372 Kg.ha<sup>-1</sup> da formulação NPK 2-20-15 e 100 KCl à lanço. Na área de menor fertilidade aplicou-se 250 Kg.ha<sup>-1</sup> do formulado NPK.



### 4.2.3 Semeadura

A semeadura foi realizada, em ambas as safras, na segunda quinzena de outubro, sendo conduzida sob o sistema de plantio direto. Cada parcela experimental foi implantada com semeadora da marca Semeato®, Modelo SHM 11/13, tracionada por um trator, constituída com cinco linhas, com espaçamento de 0,45 m entre linhas e facção guilhotina na linha de distribuição do fertilizante.

Na primeira safra, 15 cultivares foram semeadas e, na segunda, 16 cultivares (Quadro 1).

**Quadro 1 - Relação de cultivares de cultivares testadas em duas safras e suas principais características quanto às tecnologias transgênicas embarcadas e grupo de maturidade relativa (GMR).**

Cultivar	Tecnologia	GMR	Intervalo GMR	Safra
NS 4823	RR®	4.8		
BMX Raio	IPro®	5.0	4.8 a 5.1	20/21 e 21/22
P95R51	RR®	5.1		
BMX Zeus	IPro®	5.5	5.5 a 5.7	20/21 e 21/22
DM 57I52		5.7		21/22
M 5838		5.8		
DM 5958	IPro®		5.8 a 6.0	20/21 e 21/22
BS 2606		6.0		
NA 5909	RR®	6.2		
TMG 7062	INOX® IPro®			
TMG 7063		6.3	6.2 a 6.3	20/21 e 21/22
NS 6909	IPro®			
DM 64I63	IPro®	6.4	6.4	20/21 e 21/22
M 6410				
NS 6601	IPro®	6.6	6.6 a 6.7	20/21 e 21/22
TMG 7067	INOX® IPro®	6.7		

Fonte: Autoria própria (2023).

No dia da semeadura foi realizado o tratamento das sementes com o produto comercial Standak Top®, base de piraclostrobina + tiofanato metílico + fipronil, além da inoculação das sementes com *Bradyrhizobium japonicum*, a fim de favorecer a fixação biológica de nitrogênio (FBN), ambos na dose de 2 mL Kg<sup>-1</sup> de sementes.

#### 4.2.4 Manejo fitossanitário

O manejo e controle de plantas daninhas foi realizado com glifosato + 2,4-D, na dose de 3 L.ha<sup>-1</sup> e 1,2L.ha<sup>-1</sup>, respectivamente, 15 dias antes da semeadura e, com glifosato, na mesma dose, quando a soja se encontrava entre V<sub>3</sub> e V<sub>4</sub>.

O manejo e controle de insetos-praga ocorreu por meio de monitoramento constante, realizando quando havia necessidade a aplicação de inseticida na fase vegetativa com piretróide, produto comercial à base de cipermetrina, na dose de 200 mL.ha<sup>-1</sup>, para controle de vaquinha (*Diabrotica speciosa*).

Para o controle de percevejos foram realizadas aplicações de produtos do grupo dos piretróides + neonicotinóides, utilizando os produtos Connect® (1 L.ha<sup>-1</sup>), em três aplicações espaçadas em 15 dias, após o florescimento, juntamente com a aplicação de fungicida.

Para o controle de doenças, foram realizadas três aplicações de fungicidas espaçadas a cada 15 dias, sendo a primeira em R1, com azoxistrobina e benzovindiflupir, na dose de 300g p.c. ha<sup>-1</sup> + adjuvante, na dose de 400 ml. ha<sup>-1</sup>.

### 4.3 Variáveis analisadas

#### 4.3.1 Matéria seca de parte aérea

Foram realizadas três coletas de 5 plantas aleatórias de cada parcela, a cada 14 dias, a partir do estágio V<sub>2</sub> (FEHR; CAVINESS, 1977). No laboratório, estas tiveram as raízes destacadas e as plantas foram colocadas para secar por 72 horas a 65°C. Logo após, realizou-se a pesagem em balança de precisão, com resultado expresso em gramas por planta.

#### 4.3.2 Componentes de rendimento

No momento de colheita foram coletadas cinco plantas aleatoriamente por parcela, para avaliação dos componentes de rendimento: AP - altura de planta (cm), IPL - inserção do primeiro legume na haste principal (cm), NLP - número de legumes por planta, NGP - grãos por planta e o NGL - número de grãos por legume.

#### 4.3.3 Índice de colheita

As plantas utilizadas para os componentes de rendimento foram separadas em parte aérea (hastes + vagens) e grãos e colocadas para secar em estufa à 65°C por 72 horas, sendo pesadas, após, em balança de precisão, para o cálculo do índice de colheita, adotando-se a fórmula:  $IC = \text{grãos} / (\text{grãos} + \text{palha})$ .

#### 4.3.4 Produtividade e massa de mil grãos

A colheita de cada parcela foi realizada manualmente, quando as plantas atingiram o estágio fenológico R<sub>8</sub> (FEHR; CAVINESS, 1977), sendo a área útil da parcela de 2 metros lineares e 3 linhas centrais (área útil 2,70m<sup>2</sup>), descartando-se as linhas de bordadura de cada lado, e 0,5 metros do início e fim de cada linha central, considerando-as também como bordadura.

Da área útil colhida foi realizada a limpeza dos grãos com auxílio de peneiras, retirando-se as impurezas. Na sequência, foi realizada a pesagem em balança digital, e determinação de umidade dos grãos, com medidor eletrônico (Multi-Grain®). A correção de umidade foi padronizada para 12%, extrapolando-se o resultado de produtividade para kg ha<sup>-1</sup>.

Adicionalmente, foi aferida a massa de mil grãos, utilizando-se oito repetições de 100 grãos, segundo as Regras para Análise de Sementes (MAPA, 2009).

### 4.4 Delineamento experimental

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições. As unidades experimentais foram compostas por parcelas de 5 metros de comprimento e 2,25 de largura, totalizando 5 linhas com espaçamento de 0,45m entre si.

### 4.5 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância, seguida de comparação de médias por Scott Knott, a 5% de probabilidade. Foi realizado ainda, análise de correlação de Pearson (r), objetivando determinar a correlação entre as variáveis

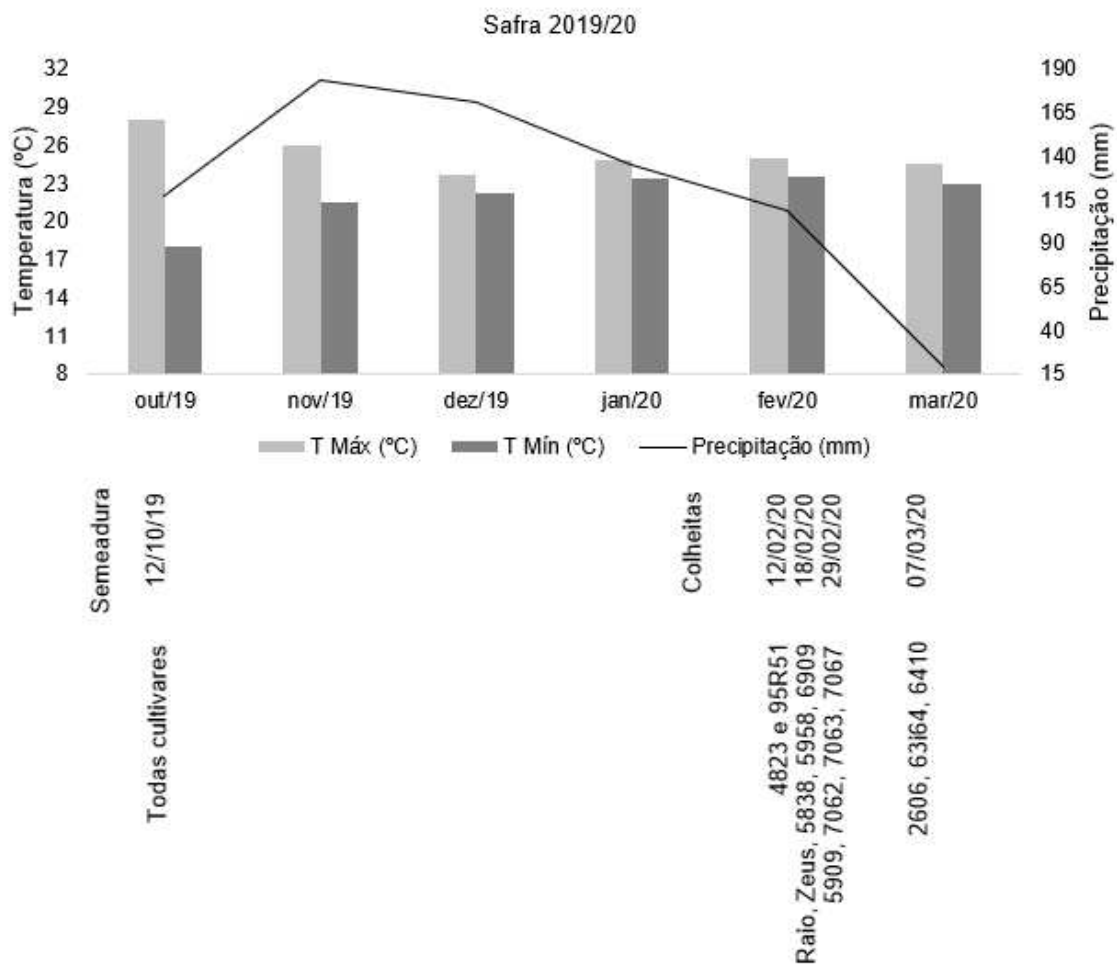
respostas. Os programas estatísticos utilizados foram o Genes (CRUZ, 2006) e o RBio (BHERING, 2017).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Safra 2019/20

A compilação das informações referentes às condições meteorológicas, durante a safra 2019/20, está contida na Figura 1. O ensaio foi instalado no mês de outubro, em que as condições de precipitação e temperatura foram relativamente adequadas para a soja, havendo a manutenção destas nos meses seguintes, permitindo que houvesse ambiente propício para as cultivares expressarem seu potencial produtivo.

**Figura 1 - Temperatura máxima (°C), Temperatura mínima (°C) e precipitação acumulada (mm) durante a safra 2019/20.**



Fonte: adaptado de Inmet (2020) e autoria própria (2023).

As temperaturas máxima e mínima durante a safra ficaram entre 25-26°C e 22-23°C, respectivamente. Para o adequado crescimento e desenvolvimento da soja, temperaturas entre 20 °C e 30 °C são ideais, sendo 25 °C a temperatura mais adequada para uma emergência rápida e uniforme. O crescimento vegetativo da cultura é baixo ou nulo em temperaturas abaixo de 10°C, e acima de 40°C se tornam adversos para o metabolismo da planta reduzindo o crescimento da mesma, sendo agravado em condições de déficit hídrico (FARIAS, NEPOMUCENO, NEUMAIER, 2007).

A análise de variância indicou interação entre os fatores cultivares e locais de cultivo para a maior parte das variáveis respostas (Tabela 1), à exceção da massa seca de parte aérea da primeira coleta (MSPA1), que teve significância apenas dentro de cada fator.

**Tabela 1 - Resumo da Análise de Variância para a altura de planta (AP), altura de inserção do primeiro legume na haste principal (IPL), número de legumes por planta (NLP), número de grãos por planta (NGP), número de grãos por legume (NGL), massa de mil grãos (MMG), massa seca de parte aérea (MSPA 1, 2 e 3), produtividade de grãos e índice de colheita de quinze cultivares de soja cultivadas em dois ambientes contrastantes para a química do solo, na safra 2019/20.**

FV	GL	Quadrado Médio					
		AP	IPL	NLP	NGP	NGL	MMG
Blocos	3	22,96	0,463	131,80	983,75	0,00678	43,1
Cultivares	14	2434,67**	162,30**	763,27**	4667,85**	0,16129**	1410,5**
Locais	1	12002,0**	155,27**	29802,16**	176034,46**	0,13333*	5478,3**
Cult x Loc	14	265,57**	33,85**	574,97**	2798,73**	0,07619**	266,3**
Resíduo	87	25,12	4,65	147,66	1052,45	0,03281	106,5

FV	GL	Quadrado Médio				
		MSPA 1	MSPA 2	MSPA 3	PROD	IC
Blocos	3	0,02998	0,343	29,19	191784,5	0,0009
Cultivares	14	0,09867**	1,305**	159,96**	1470839,6 **	0,0217**
Locais	1	1,8615**	5,009**	4597,23**	70868457,1**	0,05043**
Cult x Loc	14	0,01766ns	0,295**	217,90 **	533946,5*	0,00284*
Resíduo	87	0,01516	0,0676	35,87	275400,3	0,00144

**\*\*Significativo a 1% pelo Teste F; \* Significativo a 5% pelo Teste F; ns, – não significativo. FV – fator de variação. GL – graus de Liberdade. Fonte: Autoria própria (2023).**

A massa seca de parte aérea da primeira coleta (MSPA1), realizada no estádio V<sub>2</sub>, variou bastante entre as cultivares, não sendo possível verificar alguma relação com os diferentes GMR.

**Tabela 2 - Dados médios da massa seca de parte aérea de plantas coletadas no estágio V<sub>2</sub> (MSPA 1) de quinze cultivares de soja cultivadas em dois ambientes contrastantes para a química do solo, na safra 2019/20.**

Cultivares	Intervalo GMR	MSPA 1 (g)	Local	MSPA 1 (g)
4823		1,0253 a		
Raio	4.8 a 5.1	0,8399 b		
95R51		0,9996 a		
Zeus	5.5	1,0817 a	1	1,1058 a
5838		0,9558 b		
5958	5.8 a 6.0	0,8495 b		
2606		1,0505 a		
5909		0,9245 b		
7062	6.2 a 6.3	1,0854 a		
7063		0,9394 b		
6909		1,0262 a	2	0,8567 b
63i64	6.4	0,8845 b		
6410		0,9703 b		
6601	6.6 a 6.7	1,2465 a		
7067		0,8402 b		
CV (%)		12,55		

**\*Médias seguidas por letras distintas, minúsculas na coluna, diferem entre si pelo Teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade. Fonte: Aatoria propria (2023).**

Na comparação entre os locais de cultivo, a MSPA1 na área de maior fertilidade foi maior em relação à área de menor fertilidade (Tabela 2), indicando que, no estabelecimento inicial, condições de solo apropriadas, aliadas ao uso de sementes de qualidade, contribuem para um arranque mais vigoroso das plantas (NOVAES JUNIOR et al.; 2012).

A cultivar Zeus apresentou o maior acúmulo de matéria seca na segunda coleta (MSPA2), na área de maior fertilidade, sendo que, para as demais, essa resposta foi variável entre os materiais testados. Na área de menor fertilidade, além da Zeus, 4823, 95R51, 63i64 e 6601 foram superiores. Em ambas as áreas não foi possível perceber um acúmulo diferencial de MSPA em função do GMR das cultivares (Tabela 3). No entanto, houve um predomínio de maior massa das plantas geradas na área de maior fertilidade.

**Tabela 3 - Dados médios da massa seca de parte aérea de plântula (MSPA) coletada 14 e 28 dias após a MSPA1 de quinze cultivares de soja cultivadas em dois ambientes contrastantes para a química do solo, na safra 2019/20.**

Cultivares	Intervalo GMR	MSPA 2 (g)		MSPA 3 (g)	
		Local 1	Local 2	Local 1	Local 2
4823	4.8 a 5.1	4,6277 Ab	4,6584 Aa	22,2259 Ac	20,3011 Aa
Raio		4,0085 Ad	3,8672 Ac	18,4195 Ac	22,7707 Aa
95R51		4,6486 Ab	4,6190 Aa	32,6557 Aa	25,4700 Aa
Zeus	5.5	5,6699 Aa	4,7054 Ba	37,8311 Aa	21,2147 Ba
5838	5.8 a 6.0	4,8160 Ab	4,1413 Bb	38,6074 Aa	21,6137 Ba
5958		4,3886 Ac	3,7930 Bc	30,3834 Ab	20,9477 Ba
2606		4,9011 Ab	4,2219 Bb	41,5337 Aa	14,7602 Bb
5909	6.2 a 6.3	4,3992 Ac	3,3907 Bc	32,0827 Aa	9,6813 Bb
7062		4,6577 Ab	3,8756 Bc	36,4475 Aa	17,4976 Bb
7063		3,7471 Ad	3,7683 Ac	34,9128 Aa	24,7479 Ba
6909		4,8916 Ab	4,3593 Bb	26,6812 Ab	30,7027 Aa
63i64	6.4	4,4769 Ac	4,5283 Aa	40,8102 Aa	26,1889 Ba
6410	6.6 a 6.7	4,3576 Ac	3,7139 Bc	20,7771 Ac	17,5494 Ab
6601		4,6367 Ab	4,5629 Aa	27,7891 Ab	12,8812 Bb
7067		3,8601 Ad	3,7527 Ac	42,2987 Aa	11,4431 Bb
CV (%)		6,00		23,00	

**\*Médias seguidas por letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade. Fonte: Autoria propria (2023).**

Na coleta 3 (MSPA3) aumentou a quantidade de cultivares com maior acúmulo de massa quando cultivadas na área de maior fertilidade em comparação à área de menor fertilidade. Na comparação entre cultivares, para cada ambiente, no Local 1, cultivares de GMR intermediários apresentaram maior massa, apesar de ter exceções nos diferentes GMR testados. No Local 2, as cultivares de GMR menores apresentaram maior valor em relação aos materiais de GMR maiores. Normalmente, cultivares de menor GMR possuem menor IAF e Sistema radicular (FLORENCIO, 2017).

Essa diferença pode ter ocorrido em virtude de que, na área de menor fertilidade, as cultivares de ciclo mais curto podem ter acelerado ligeiramente seu ciclo, o que culminou com o maior acúmulo de matéria seca destas em comparação às cultivares de maior GMR.

Numa condição não tão adequada para seu crescimento e desenvolvimento, estas tendem a acelerar o seu ciclo em maior proporção às cultivares de GMR maiores, pois estas têm maior IAF e Sistema radicular, podendo apresentar maior



estabilidade, a depender do genótipo, aos ambientes mais adversos. Ainda segundo Florêncio (2017), a diferença de produtividade dos genótipos em soja pode estar relacionada à adaptabilidade e estabilidade dos materiais em diferentes locais (FLORENCIO, 2017).

A altura de planta, predominantemente, foi superior na área de maior fertilidade, visto que as plantas encontraram melhores condições para crescer, destacando que a altura de plantas em soja é uma característica expressada geneticamente, porém, é influenciada pelas condições de ambiente de produção (VERNETTI; VERNETTI JUNIOR, 2009). No entanto, algumas cultivares de GMR intermediários se destacaram, e não as cultivares de maior GMR, como era esperado, a exemplo da 2606, 7062, 7063 e 63i64 (Tabela 4).

**Tabela 4 - Dados médios da altura de planta (AP), da altura de inserção do primeiro legume na haste principal (IPL) e do número de legumes por planta (NLP) de quinze cultivares de soja cultivadas em dois ambientes contrastantes para a química do solo, na safra 2019/20.**

Cultivares	Intervalo GMR	Altura de planta (cm)		Inserção 1º legume (cm)		Legumes por planta	
		Local 1	Local 2	Local 1	Local 2	Local 1	Local 2
		4823		77,3Ae	52,4Bf	11,6Ac	7,7Bd
Raio	4.8 a 5.1	93,3Ac	62,7Be	12,9Ac	8,1Bd	54,1Ab	33,4Bb
95R51		67,0Af	60,1Ae	11,5Ac	9,6Ad	66,9Ab	42,4Bb
Zeus	5.5	73,0Ae	60,8Be	7,0Ad	8,4Ad	79,7Aa	52,2Ba
5838		87,3Ad	73,4Bd	14,8Ac	15,1Ac	72,7Ab	52,6Ba
5958	5.8 a 6.0	95,9Ac	82,2Bc	13,7Bc	17,1Ab	64,9Ab	36,0Bb
2606		132,1Aa	85,7Bb	21,3Aa	19,2Ab	80,8Aa	48,9Ba
5909		101,9Ab	79,3Bc	14,5Bc	18,8Ab	91,7Aa	37,2Bb
7062	6.2 a 6.3	125,4Aa	91,1Bb	18,0Bb	26,2Aa	96,0Aa	29,0Bb
7063		122,6Aa	100,9Ba	17,2Bb	25,7Aa	71,2Ab	34,0Bb
6909		88,9Ad	82,4Ac	11,4Ac	13,6Ac	59,5Ab	56,1Aa
63i64	6.4	126,8Aa	99,3Ba	17,8Bb	23,1Aa	61,9Ab	42,1Bb
6410		106,6Ab	90,8Bb	13,7Ac	16,4Ab	92,5Aa	58,1Ba
6601	6.6 a 6.7	106,6Ab	87,5Bb	13,7Bc	18,0Ab	92,5Aa	49,7Ba
7067		110,3Ab	106,1Aa	13,9Bc	20,1Ab	99,7Aa	49,4Ba
CV (%)		5,51		14,09		20,27	

**\*Médias seguidas por letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade. Fonte: Autoria própria (2023).**

Na área de menor fertilidade, as cultivares 7063 e 63i64 mantiveram o maior porte, juntamente com a 7067, cultivar essa de maior GMR testado.

Quanto à altura de inserção do primeiro legume, esta variável tendeu à ser superior nas plantas conduzidas na área de menor fertilidade, para muitas das cultivares testadas. Para cada ambiente, na área de maior fertilidade, tanto cultivares de menor, quanto de maior GMR foram semelhantes. Na área de menor fertilidade, as cultivares com menor IPL foram as de ciclo mais curto.

Provavelmente, por terem crescido menos, diante da condição de solo não adequada para expressarem tal característica, estas plantas de menor GMR acabaram por apresentar menor inserção de primeira vagem, visto que estas características apresentam, normalmente, relação semelhante de resposta (KNUDSEN; MELO, 2018).

Essa condição, a depender do relevo da área e das características da plataforma de corte, pode gerar perdas na lavoura em virtude de vagens muito baixas que deixam de ser recolhidas pela colhedora. Segundo Sedyama (2009), para que não haja perda pela barra de corte no momento da colheita, o ideal é que a IPL esteja entre 10 a 12 centímetros em solos de topografia plana e, aproximadamente, 15 centímetros em áreas mais inclinadas. O contrário também é verdadeiro, plantas com IPL muito elevado podem ser menos produtivas em função de terem menos estruturas reprodutivas.

O NLP foi maior, de uma maneira geral, nas plantas geradas em área de maior fertilidade. Entre as cultivares, para cada local, este componente de rendimento foi variável, no entanto, percebeu-se que as cultivares de maior GMR se destacaram, assim como alguns genótipos de GMR intermediários (Tabela 4).

O NLP é o componente de rendimento da soja que mais pode sofrer variações numa lavoura, a depender de condições edafoclimáticas e de manejo.

Flora (2013), correlacionando atributos químicos de solo com os componentes de rendimento e a produtividade de duas cultivares de soja, NA 5909 RR® e N 6411, encontrou correlação positiva de número de nós férteis e vagens de 1 e 2 grãos nas hastes e nos ramos com maior nível de fósforo no solo, que apesar de tudo estava em níveis médios no solo (12,17 mg.dm<sup>-3</sup>).

Segundo Knudsen; Melo (2018), em plantio antecipado, observou acréscimo no número de ramos produtivos, seguida de uma queda à medida que se aumentou o

número de plantas por linha, em relação à recomendação para a cultivar M 6410 IPRO®, o que interfere diretamente no NLP.

O número de grãos por planta seguiu o que se verificou, de uma forma geral, para o NLP, visto que são dois componentes de rendimento da soja diretamente relacionados (Tabela 5).

**Tabela 5 - Dados médios do número de grãos por planta (NGP), do número de grãos por legume (NGL) e da massa de mil grãos (MMG) de quinze cultivares de soja cultivadas em dois ambientes contrastantes para a química do solo, na safra 2019/20.**

Cultivares	Intervalo GMR	Grãos por planta		Grãos por legume		Massa de mil grãos (g)	
		Local 1	Local 2	Local 1	Local 2	Local 1	Local 2
4823		116,9Ab	102,5Ab	2,3Ab	2,4Aa	164,2Ac	156,0Ac
Raio	4.8 a 5.1	125,9Ab	67,9Bb	2,3Ab	2,0Bb	175,3Ab	154,5Bc
95R51		178,2Ab	99,6Bb	2,7Aa	2,4Ba	170,6Ac	167,4Ab
Zeus	5.5	214,9Aa	123,2Ba	2,7Aa	2,4Ba	178,8Ab	174,9Ab
5838		162,5Ab	119,6Aa	2,3Ab	2,3Aa	146,2Ad	143,4Ac
5958	5.8 a 6.0	163,9Ab	92,5Bb	2,5Aa	2,6Aa	158,6Ad	151,5Ac
2606		190,4Aa	111,8Ba	2,4Ab	2,3Aa	159,3Ad	138,3Bc
5909		211,8Aa	89,2Bb	2,3Ab	2,4Aa	178,5Ab	156,2Bc
7062	6.2 a 6.3	215,5Aa	60,9Bb	2,3Ab	2,1Ab	187,9Ab	186,6Aa
7063		160,7Ab	67,9Bb	2,3Ab	2,0Bb	203,8Aa	188,2Ba
6909		160,5Ab	144,5Aa	2,7Aa	2,6Aa	169,8Ac	166,9Ab
63i64	6.4	154,7Ab	95,2Bb	2,5Aa	2,3Aa	177,4Ab	171,0Ab
6410		209,7Aa	143,5Ba	2,3Ab	2,5Aa	171,2Ac	151,5Bc
6601	6.6 a 6.7	209,7Aa	120,0Ba	2,3Ab	2,4Aa	176,5Ab	150,6Bc
7067		231,3Aa	119,1Ba	2,3Ab	2,4Aa	187,3Ab	145,7Bc
CV (%)		22,23		7,66		6,18	

**\*Médias seguidas por letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade. Fonte: Autoria própria (2023).**

O número de grãos por legume apresentou algumas pequenas variações entre cultivares e entre locais de cultivo. Apenas para quatro cultivares o valor alterou em função da área, Raio, 95R51, Zeus e 7063, sendo este valor inferior na área de menor fertilidade em comparação à área de maior fertilidade. Para as demais cultivares não se verificou tal resposta diferencial. Entre cultivares, para cada ambiente de produção, também se observou algumas alterações (Tabela 5).

Esse componente tem alta herdabilidade (SANTANA et al.; 2018), ou seja, a maior parte de seu fenótipo é em função da genética da cultivar, com pequena

interferência do ambiente de produção, no entanto, este pode ocorrer, como verificado.

A MMG, também um componente de rendimento com alta correlação com o genótipo, mas, nesse caso, mais influenciada pelo ambiente que o NGL. Sousa (2013), avaliando 27 genótipos de soja de ciclo precoce e 30 de ciclo tardio, estimando os coeficientes de determinação genotípica, obteve o maior valor para NGL (89,92%), indicando ser uma característica fortemente expressada pelo genótipo e pouco influenciada pelo ambiente.

A MMG também apresentou resposta diferencial ao ambiente de cultivo e entre cultivares (Tabela 5). Metade das cultivares tiveram redução da MMG quando cultivadas na área de menor fertilidade. As cultivares com maior desempenho por ambiente, no Local 1, foi a 7063. No Local 2, além desta, a 7062 (Tabela 5).

A produtividade de grãos foi maior para todas as cultivares na área de maior fertilidade em relação à de menor fertilidade. Na primeira, as cultivares com maior rendimento variaram entre os GMR, no entanto, destaque para as de menor valor em comparação às de GMR intermediário e maiores, que tiveram materiais semelhantes, porém, com menos representantes. Na área de menor fertilidade, os materiais com maior produtividade foram os que se enquadraram em GMR intermediários. No entanto, a cultivar 7067, de ciclo mais longo, também se destacou como uma das mais produtivas (Tabela 6).

**Tabela 6 - Dados médios da produtividade de grãos (PROD) e do índice de colheita (IC) de quinze cultivares de soja cultivadas em dois ambientes contrastantes para a química do solo, na safra 2019/20.**

Cultivares	Intervalo GMR	Produtividade (Kg ha <sup>-1</sup> )		Índice de colheita	
		Local 1	Local 2	Local 1	Local 2
4823		4797,2 Aa	2507,0 Bb	0,62 Aa	0,51 Bb
Raio	4.8 a 5.1	4989,0 Aa	2777,3 Bb	0,59 Ab	0,49 Bc
95R51		4904,1 Aa	2589,8 Bb	0,60 Ab	0,55 Ab
Zeus	5.5	4399,1 Ab	2599,2 Bb	0,64 Aa	0,59 Aa
5838		4745,0 Aa	3695,4 Ba	0,56 Ab	0,52 Ab
5958	5.8 a 6.0	4287,9 Ab	3477,3 Ba	0,56 Ab	0,53 Ab
2606		4726,3 Aa	3620,0 Ba	0,49 Ac	0,49 Ac
5909		5266,9 Aa	3861,7 Ba	0,57 Ab	0,50 Bc
7062	6.2 a 6.3	3834,8 Ab	2449,3 Bb	0,45 Ac	0,40 Ad
7063		4327,0 Ab	2660,0 Bb	0,49 Ac	0,47 Ac

(continua)

**Tabela 6 - Dados médios da produtividade de grãos (PROD) e do índice de colheita (IC) de quinze cultivares de soja cultivadas em dois ambientes contrastantes para a química do solo, na safra 2019/20.**

					<b>(Conclusão)</b>
6909		4534,2 Aa	3742,0 Ba	0,58 Ab	0,58 Aa
63i64	6.4	4447,0 Ab	2334,0 Bb	0,46 Ac	0,46 Ac
6410		3735,9 Ab	2568,0 Bb	0,48 Ac	0,45 Ac
6601	6.6 a 6.7	3929,1 Ab	2491,7 Bb	0,55 Ab	0,47 Bc
7067		4702,7 Aa	3198,8 Ba	0,47 Ac	0,49 Ac
CV (%)		14,03		7,32	

**\*Médias seguidas por letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade. Fonte: Autoria própria (2023).**

Cultivares de soja de menor GMR tendem a responder positivamente à melhoria do ambiente de produção, como condições edafoclimáticas atendendo as demandas da cultura e época de semeadura. Quando em condições não tão apropriadas, estas podem ter mais desvantagens e tendem a ser fisiologicamente mais sensíveis, principalmente se sofrer estresse durante o período reprodutivo (KUDIESS, 2015).

Nesse sentido, o fato de as cultivares terem produzido bem na área de maior fertilidade também pode estar relacionado às condições climáticas prevalentes nas áreas. Nessa safra, houve uma ótima condição de precipitação durante todo o ciclo vegetativo das plantas, começando a ter uma redução de precipitação ao final de janeiro, porém as cultivares mais precoces já estavam bem adiantadas com o enchimento de grãos (Figura 1).

Nesse sentido, as cultivares de menor GMR já se encontravam praticamente com seu ciclo encerrado, sofrendo em menor proporção o período de déficit hídrico e maiores temperaturas.

As cultivares de GMR intermediários podem ter sentido mais a redução da precipitação, por estarem numa fase mais crítica, apesar de que, segundo Kudiness (2015), cultivares de soja de ciclo intermediário podem sofrer menos com possíveis efeitos edafoclimáticos negativos, enquanto as de ciclo longo, com fases reprodutivas mais longas, ficam mais tempo expostos a tais estresses.

O Índice de Colheita tendeu a ser maior nas cultivares de menor GMR em relação às de maior valor, na área de maior fertilidade. Na de menor fertilidade essa resposta não foi tão evidente. Quatro cultivares tiveram redução do IC quando cultivadas na área de menor fertilidade, 4823, Raio, 5909 e 6601.



**\*A significância do coeficiente da Correlação de Pearson foi  $p < 0,05$ . Variáveis respostas: AP - altura da planta; IPL - inserção do primeiro legume; NLP - número de legumes por planta; NGP - número de grãos por planta; NGL - número de grãos por legume; MMG - massa de mil grãos; PRO - produtividade; IC - índice de colheita; MS1 - massa seca de parte aérea 1; MS2 - massa seca de parte aérea 2; MS3 - massa seca de parte aérea 3. Fonte: Autoria própria (2023).**

Na safra em questão, houve correlação intermediária e positiva entre AP e IPL, NLP e NGP, assim como correlação mais leve para a MMG, a produtividade e a MSPA3 (Tabela 7).

Em algumas situações, essas correlações podem ser negativas, especialmente quando se relaciona porte de planta e inserção de primeiro legume com componentes de rendimento Zuffo et al. (2018) obtiveram resultado de correlação negativa (-0,083) para AP sobre a produtividade de grãos, indicando baixa contribuição desta característica para o rendimento da cultura.

No entanto, nesse caso específico, este crescimento maior pode estar associado à condições mais apropriadas de química de solo para que as cultivares expressem seu potencial, e não o contrário, em que acaba gerando competição intraespecífica e posterior maiores chances de acamamento.

De acordo com Verneti et al. (2009), a AP na cultura da soja é um a característica geneticamente controlada. Entretanto, modificações no ambiente podem afetar a expressão gênica dessa característica, ou seja, se a planta estiver em condições ótimas, tenderá a apresentar altura próxima à descrita para a cultivar, por parte do obtentor (AMARAL et al., 2020).

O NLP e o NGP também tiveram correlação intermediária e positiva com a produtividade de grãos. Estas variáveis também foram influenciadas positivamente pelo maior acúmulo de matéria seca na parte aérea das plantas de soja.

O IC correlacionou-se negativamente e de forma leve, com a inserção do primeiro legume e, positivamente, porém, com fraca intensidade, com o NLP, NGP e, por fim, com a produtividade de grãos (Tabela 7).

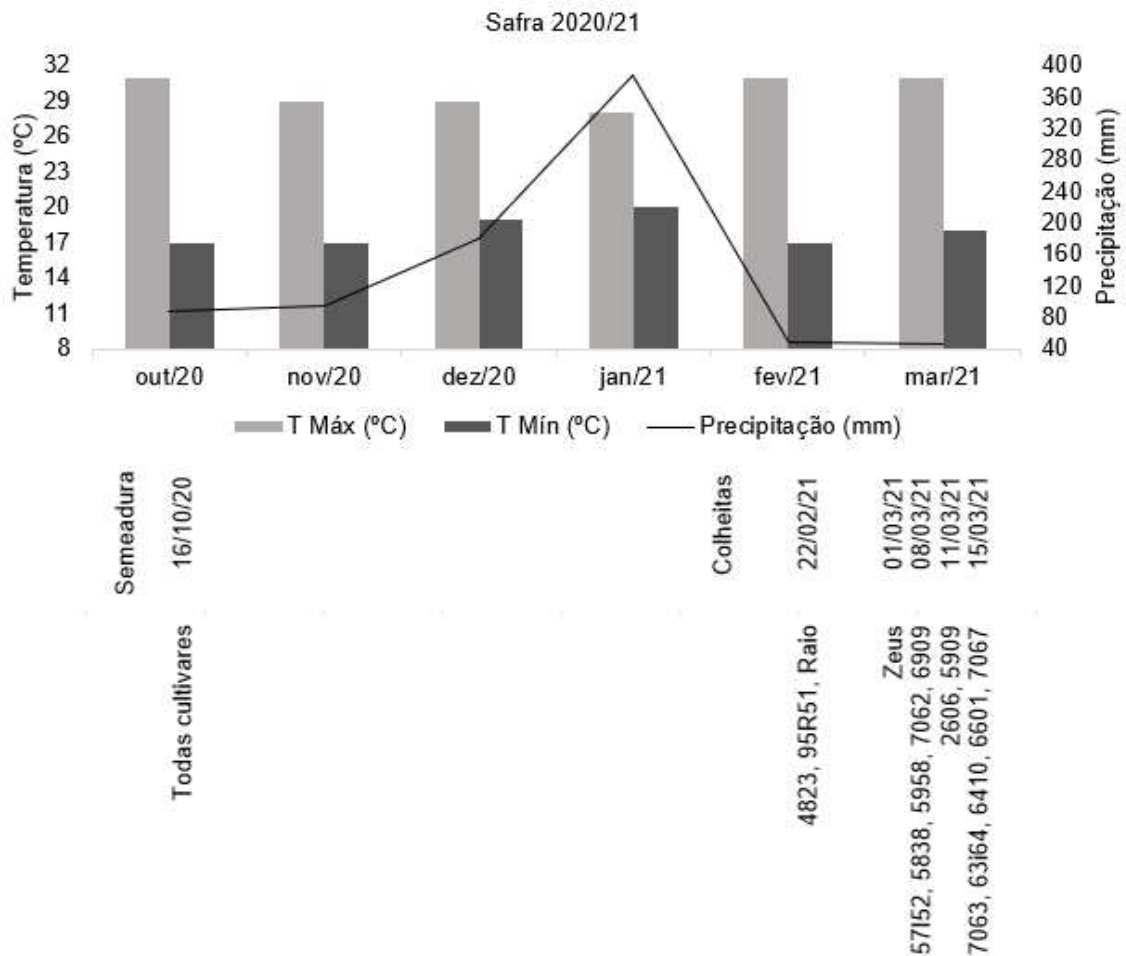
Não é incomum de não ocorrer correlações, ou que estas sejam leves, entre componentes de rendimento da soja e a produtividade de grãos. Isso se deve ao fato de que a soja é uma espécie com grande plasticidade fenotípica, podendo variar os seus componentes de rendimento por planta em função de condições que afetam seu crescimento e desenvolvimento, a exemplo de fertilidade do solo, condições climáticas, arranjo de plantas e época de semeadura (RAMALHO et al., 2012).

Da mesma forma, os componentes de rendimento são avaliados em um número reduzido de plantas, podendo haver alguns desvios em relação à produtividade obtida, em virtude de falhas, duplas e múltiplas na linha de semeadura, bem como erros amostrais.

## 5.2 Safra 2020/21

A síntese das condições meteorológicas durante a safra 2020/21 está contida no Figura 2. O ensaio foi instalado no mês de outubro, em que as condições de precipitação e temperatura foram relativamente adequadas para a soja, com melhoria destes fatores nos meses seguintes. Em fevereiro, no entanto, ocorreram temperaturas acima das consideradas apropriadas para a soja, até 30°C (FARIAS et al., 2007), associado à redução de chuva no local do ensaio.

**Figura 2 - Temperatura máxima (°C), Temperatura mínima (°C) e precipitação acumulada (mm) durante a safra 2020/21.**



Fonte: Adaptado de Inmet (2021) e autoria própria (2023).



A análise de variância indicou que houve interação entre os fatores, cultivares e locais de cultivo, para a maior parte das variáveis respostas apresentadas na Tabela 8, à exceção do NLP e do NGP, que apresentaram significância dentro de cada fator.

**Tabela 8 - Resumo da Análise de Variância para a altura de planta (AP), altura de inserção do primeiro legume na haste principal (IPL), número de legumes por planta (NLP), número de grãos por planta (NGP), número de grãos por legume (NGL), massa de mil grãos (MMG), massa seca de parte aérea (MSPA), produtividade de grãos e índice de colheita de dezesseis cultivares de soja cultivadas em dois ambientes contrastantes para a química do solo, na safra 2020/21.**

FV	GL	Quadrado Médio					
		AP	IPL	NLP	NGP	NGL	MMG
Blocos	3	15,17	13,14	73,36	910,51	0,04354	89,719
Cultivares	15	1994,99**	345,55**	515,69**	3723,72**	0,12242**	1531,115**
Locais	1	22745,78**	960,86**	4977,53**	36126,72**	0,11281ns	14577,781**
Cult x Loc	15	269,22**	23,73*	302,62ns	1503,66ns	0,07865*	257,065**
Resíduo	93	53,22	10,72	178,46	1212,16	0,04075	82,240

FV	GL	Quadrado Médio				
		MSPA 1	MSPA 2	MSPA 3	PROD	IC
Blocos		0,02715	2,79146	17,15	29045,78	0,00011
Cultivares		0,07664**	13,82627**	73,95**	860074,20**	0,01861**
Locais		1,46374**	9,87162**	2658,12**	4945709,06**	0,01509**
Cult x Loc		0,05765**	4,5718**	68,68**	196324,64*	0,0018**
Resíduo		0,01439	0,93053	24,01	105061,84	0,00057

**\*\*Significativo a 1% pelo Teste F; \* Significativo a 5% pelo Teste F; ns, – não significativo. FV – fator de variação. GL – graus de Liberdade. Fonte: Autoria própria (2023).**

A massa seca de parte aérea da primeira coleta (MSPA1), realizada quando as plantas se encontravam no estágio V<sub>2</sub> não permitiu estabelecer um padrão em função do grupo de maturidade relativa das cultivares, ao se analisar cada ambiente em separado. Isso porque, ao exemplo das cultivares Raio e 7067, amplamente contrastantes para GMR, estas apresentaram MSPA1 semelhante no ambiente de maior fertilidade (Local 1). Da mesma forma para as cultivares 4823 e 7067 no ambiente de menor fertilidade (Local 2), que não diferiram entre si (Tabela 9).

**Tabela 9 - Dados médios da massa seca de parte aérea de plântula coletada no estágio V<sub>2</sub> (MSPA1), 14 dias após (MSPA2) e 28 dias após a primeira coleta (MSPA3) de dezesseis cultivares de soja cultivadas em dois ambientes contrastantes para a química do solo, na safra 2020/21.**

Cultivares	Intervalo GMR	MSPA 1 (g)		MSPA 2 (g)		MSPA 3 (g)	
		Local 1	Local 2	Local 1	Local 2	Local 1	Local 2
4823		1,554Ab	1,461Acs	5,367Bc	7,400Ac	23,42Ab	24,00Ab
Raio	4.8 a 5.1	1,857Aa	1,909Aa	6,425Ac	6,400Ac	29,47Ab	27,33Ab
95R51		1,709Ab	1,557Ab	6,500Ac	7,168Ac	30,15Ab	24,63Ab
Zeus	5.5 a 5.7	1,715Ab	1,656Ab	8,050Ab	7,700Ac	31,03Ab	20,45Bc
57i52		1,678Ab	1,579Ab	6,667Ac	6,000Ac	34,85Aa	16,63Bc
5838		1,687Ab	1,223Bd	8,525Ab	7,900Ac	35,13Aa	34,40Aa
5958	5.8 a 6.0	1,620Ab	1,498Ac	9,350Ab	7,400Bc	36,10Aa	18,00Bc
2606		1,729Ab	1,520Bc	8,900Bb	10,500Aa	36,05Aa	26,33Bb
5909		1,807Aa	1,598Bb	7,968Ab	9,025Ab	29,28Ab	23,53Ab
7062	6.2 a 6.3	1,901Aa	1,458Bc	9,125Ab	8,100Ac	34,13Aa	25,30Bb
7063		1,849Aa	1,436Bc	9,250Ab	6,975Bc	33,38Aa	24,23Bb
6909		1,661Ab	1,580Ab	10,750Aa	10,375Aa	33,30Aa	27,53Ab
63i64	6.4	1,845Aa	1,554Bb	8,250Ab	6,875Bc	28,48Ab	19,38Bc
6410		1,692Ab	1,427Bc	7,667Ac	7,863Ac	36,98Aa	21,20Bc
6601	6.6 a 6.7	1,757Ab	1,700Ab	7,225Ac	3,550Bd	29,45Ab	18,88Bc
7067		1,892Aa	1,375Bc	8,625Ab	6,550Bc	32,90Aa	16,45Bc
CV (%)		7,31		12,43		17,77	

**\*Médias seguidas por letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade. Fonte: Autoria própria (2023).**

No entanto, no comparativo entre áreas de cultivo, para cada cultivar, principalmente nos materiais de GMR intermediários e maiores, muitos destes apresentaram menor acúmulo de matéria seca em V<sub>2</sub> quando cultivados em área de menor fertilidade em comparação à área de maior fertilidade (Tabela 9).

Todas as cultivares de 4.8 a 5.7 não diferiram, individualmente, entre os ambientes de produção; semelhante às cultivares 5958, 6909 e 6601. A cultivar Raio se destacou para a MSPA1 por apresentar maior valor em ambos os locais, na análise entre cultivares, especialmente para o ambiente de menor fertilidade, em que se diferiu das demais (Tabela 9).

Quando analisada a matéria seca 14 dias após a primeira coleta (MSPA2), percebeu-se uma situação semelhante à primeira avaliação, em que não se visualizou a formação de um padrão entre as cultivares, a partir da sua distinção em GMR, no comparativo para cada local de produção. Destaque mantido para cultivar 6909, que

se destacou em ambos os ambientes em relação às demais, à exceção da área de menor fertilidade, que não diferiu da 2606.

Na comparação entre ambientes, para cada cultivar, verificou-se aumento na proporção de cultivares que não distinguiram o acúmulo de matéria seca entre os locais em relação à primeira coleta (Tabela 9).

A terceira avaliação de matéria seca de parte aérea (MSPA3), em que os materiais se encontravam entre R1 e R2, período que ocorre a maior velocidade de absorção de nutrientes (SEBASTIANI, 2019), de uma forma geral, pode-se constatar, no ambiente de maior fertilidade, que as cultivares pertencentes aos GMR intermediários e maiores, de uma forma geral, apresentaram maior acúmulo de matéria seca que os materiais de GMR menores, com algumas exceções. Na área de menor fertilidade essa tendência não pode ser verificada.

Cultivares de GMR intermediários e maiores, quando cultivadas em área de menor fertilidade, na sua análise individual, tenderam a apresentar menor acúmulo de matéria seca de parte aérea (MSPA3) em comparação ao seu cultivo em área de maior fertilidade. Cultivares de GMR menores não diferiram em função do local de cultivo para essa variável resposta (Tabela 9).

Não significa que cultivares de ciclo mais curto são mais estáveis à mudança de ambiente em comparação às cultivares de ciclo mais longo. Aquelas, porém, por apresentarem um porte menor, também apresentam menores demandas de água e nutrientes para crescer, o que pode dificultar a diferenciação para essa característica em determinados ambientes contrastantes.

A altura de planta foi maior na área de maior fertilidade em comparação às plantas geradas na área de menor fertilidade; à exceção da cultivar 63164, que não diferiu quanto a essa variável entre as áreas de cultivo.

**Tabela 10 - Dados médios da altura de planta (AP), da altura de inserção do primeiro legume na haste principal (IPL) e do número de legumes por planta (NLP) de dezesseis cultivares de soja cultivadas em dois ambientes contrastantes para a química do solo, na safra 2020/21.**

(continua)

Cultivares	Intervalo GMR	Altura de planta (cm)		Inserção 1º legume (cm)		NGL	
		Local 1	Local 2	Local 1	Local 2	Local 1	Local 2
4823		89,4 Ac	68,9 Bd	8,3 Bc	14,0 Ad	2,6 Aa	2,5 Aa
Raio	4.8 a 5.1	98,3 Ad	60,2 Bd	12,8 Ac	14,3 Ad	2,5 Aa	2,2 Bb
95R51		99,7 Ac	75,0 Bd	10,6 Ac	13,2 Ad	2,6 Aa	2,4 Aa

**Tabela 10 - Dados médios da altura de planta (AP), da altura de inserção do primeiro legume na haste principal (IPL) e do número de legumes por planta (NLP) de dezesseis cultivares de soja cultivadas em dois ambientes contrastantes para a química do solo, na safra 2020/21.**

<b>(conclusão)</b>							
Zeus	5.5 a 5.7	109,4 Ab	86,7 Bc	9,4 Ac	12,4 Ad	2,5 Aa	2,5 Aa
57i52		113,4 Ab	95,6 Bc	13,6 Bc	19,6 Ac	2,6 Aa	2,5 Aa
5838		116,7 Ab	91,3 Bb	21,2 Ab	25,1 Ab	2,6 Aa	2,3 Ab
5958	5.8 a 6.0	122,4 Ab	91,2 Bb	18,8 Bb	27,7 Ab	2,4 Ab	2,4 Aa
2606		126,2 Ab	95,8 Bb	19,2 Bb	30,0 Aa	2,4 Ab	2,1 Bb
5909		120,0 Ab	100,1 Bb	24,5 Aa	25,8 Ab	2,1 Ab	2,2 Ab
7062	6.2 a 6.3	125,5 Ab	90,5 Bb	19,5 Ab	19,7 Ac	2,6 Aa	2,4 Aa
7063		136,8 Aa	118,6 Ba	24,1 Aa	28,5 Ab	2,3 Ab	2,3 Ab
6909		123,4 Ab	94,7 Bb	18,6 Ab	22,6 Ab	2,6 Aa	2,6 Aa
63i64	6.4	125,9 Aa	120,4 Ab	26,0 Ba	33,1 Aa	2,7 Aa	2,4 Ba
6410		142,5 Aa	127,7 Ba	28,1 Ba	36,0 Aa	2,4 Ab	2,6 Aa
6601	6.6 a 6.7	134,9 Ab	96,0 Ba	17,9 Bb	27,1 Ab	2,4 Ab	2,6 Aa
7067		146,1 Ab	91,4 Ba	20,3 Bb	31,6 Aa	2,2 Ab	2,5 Aa
CV (%)		6,80		15,58		8,29	

**\*Médias seguidas por letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade. Fonte: Autoria própria (2023).**

Ao comparar as cultivares em cada área, observou-se a tendência de aumento de porte com a elevação do GMR dos genótipos (Tabela 10). Essa variável resposta pode exercer influência sobre o rendimento da cultura, uma vez que, segundo Silva et al. (2020), o número de vagens por planta está relacionado à altura de plantas. Geralmente o maior porte de planta, permite maior quantidade de nós produtivos e, como consequência, maior número de legumes por planta, desde que esse crescimento não ocorra por competição negativa.

Em determinadas circunstâncias, plantas de maiores estaturas podem sofrer acamamento; estando este fator muito relacionado ao excesso de chuva e de densidade de semeadura, além de áreas mais férteis sob essas condições de clima e manejo (REUNIÃO..., 2016).

A altura de inserção de primeiro legume foi superior na área de menor fertilidade, para oito cultivares; para as demais, não ocorreu alteração em função do local de cultivo. Para cada local, houve tendência ao aumento dessa variável nas cultivares de GMR intermediário e maior em comparação às cultivares de menor GMR. Esse padrão de resposta é esperado, visto que, à medida que as plantas possuem maior porte, ocorre maior sombreamento do terço inferior, o que favorece o aborto de

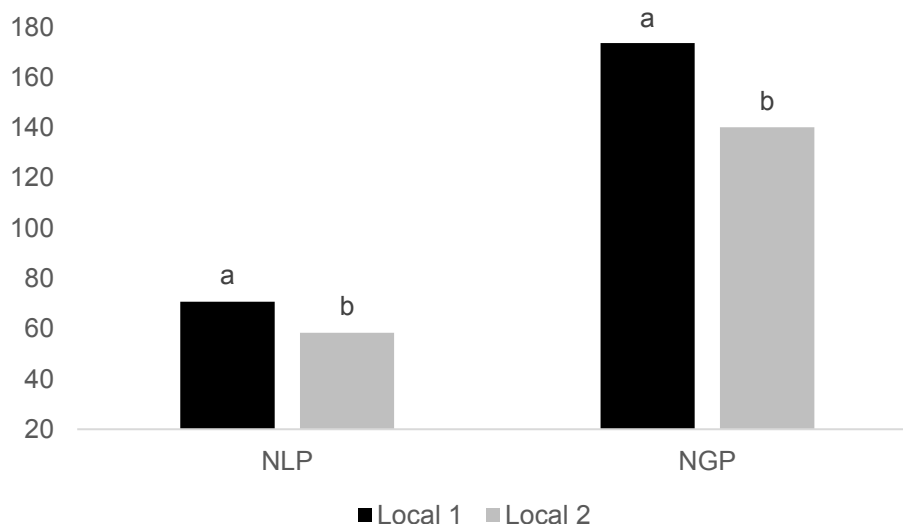
flores e vagens nessa região da planta em virtude da escassez de radiação solar reduzindo significativamente a taxa de fotoassimilação (FIOREZE et al., 2013).

O número de grãos por legume variou, entre os locais de cultivo, apenas para as cultivares Raio, 2606 e 63i64 (Tabela 10). Essa característica é intrínseca ao genótipo, tendo pouca influência do ambiente de produção (BOARD, 2000). No comparativo entre cultivares, para cada local, verificou-se a tendência de menor NGL nas cultivares de maiores GMR em comparação às cultivares de menor GMR. Na área de menor fertilidade, estas últimas foram semelhantes àsquelas.

Mesmo tendo ocorrido significância, pela análise de variância (Tabela 8), para o NLP e o NGP dentro do fator cultivares, independentemente do local de cultivo, não houve diferença na comparação de médias realizada. O NLP médio foi de 64,6 e o NGP médio foi de 156,9, com CV (%) de 20,68 e 22,19, respectivamente.

Em relação ao local de cultivo, para ambas as variáveis, verificou-se diferença, tendo ocorrido os maiores valores de NLP e NGP na área de maior fertilidade em comparação à área de menor fertilidade (Figura 3). Estas variáveis estão diretamente interligadas e, normalmente, têm relação com a produtividade. Zuffo et al. (2018), em seu trabalho obteve influência do (NLP) sobre o rendimento de grãos da cultura, seguido do (NGL). Sálvio et al. (2011) obtiveram aumento no número de legumes por planta, refletindo no rendimento de grãos pelas aplicações de doses crescentes de gesso até 751 kg ha<sup>-1</sup>.

**Figura 3 - NLP e NGP médios de dezesseis cultivares de soja cultivadas em dois ambientes contrastantes para a química do solo, na safra 2020/21.**



**\*Médias seguidas por letras distintas, minúsculas na coluna, diferem entre si pelo Teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade. Fonte: Autoria própria (2023).**

A massa de mil grãos, de uma forma geral, foi maior na área de maior fertilidade em comparação à de menor fertilidade (Tabela 11). Batistella Filho (2013) obteve aumento de 3,1% na MMG com a aplicação de 160 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> em comparação ao controle, na adubação de semeadura da soja, demonstrando ser uma característica responsiva a nutrição de plantas.

Para cada local de cultivo, em relação às cultivares, as que apresentaram maior valor de MMG foram as cultivares Zeus, 7063 e 63I64, na área de maior fertilidade. Na área de menor fertilidade, Zeus e 7063 continuaram apresentando maior valor, juntamente com as cultivares 4823 e Raio. Isso indica que há uma predominância do fator genético para essa variável, no entanto, algumas cultivares podem responder de forma distinta em função do ambiente. Rafain et al. (2020) obtiveram maior massa de mil grãos da soja quando realizadas aplicação de fertilizantes em área de menor fertilidade, potencializando o rendimento de grãos. Porém, em área de alta fertilidade, não verificaram resposta da MMG com a suplementação de fertilizantes, provavelmente pelo fato de o solo já estar suprido.

**Tabela 11 - Dados médios da massa de mil grãos (MMG), produtividade e índice de colheita de dezesseis cultivares de soja cultivadas em dois ambientes contrastantes para a química do solo, na safra 2020/21.**

**(continua)**

Cultivares	Intervalo GMR	MMG (g)		Produtividade (Kg ha <sup>-1</sup> )		Índice de colheita	
		Local 1	Local 2	Local 1	Local 2	Local 1	Local 2
4823		170,0 Ac	166,3 Aa	4163,6 Aa	2940,6 Bb	0,55 Aa	0,55 Aa
Raio	4.8 a 5.1	175,5 Ac	167,0 Aa	4478,8 Aa	2515,6 Bb	0,51 Aa	0,52 Aa
95R51		174,5 Ac	162,0 Ab	4285,0 Aa	3184,5 Bb	0,53 Aa	0,52 Aa
Zeus	5.5 a 5.7	193,8 Aa	178,8 Ba	4619,7 Aa	4355,6 Aa	0,54 Aa	0,54 Aa
57i52		155,5 Ad	141,0 Bc	4230,8 Aa	3184,5 Bb	0,50 Aa	0,50 Ab
5838		158,5 Ad	139,3 Bc	4102,4 Aa	2806,9 Bb	0,48 Ab	0,48 Ab
5958	5.8 a 6.0	174,3 Ac	146,3 Bc	3828,8 Ab	3356,6 Ab	0,51 Aa	0,49 Ab
2606		163,3 Ad	135,0 Bd	4764,8 Aa	4379,6 Aa	0,47 Ab	0,39 Bd
5909		174,3 Ac	154,0 Bb	5086,6 Aa	4230,2 Ba	0,46 Ab	0,46 Ac
7062	6.2 a 6.3	154,5 Ad	140,0 Bc	4293,2 Aa	3578,0 Ab	0,52 Aa	0,44 Bc
7063		202,5 Aa	171,5 Ba	3149,5 Ab	3083,6 Ab	0,43 Ac	0,40 Bd
6909		179,0 Ac	161,0 Bb	5004,6 Aa	3908,1 Ba	0,53 Aa	0,47 Bb
63i64	6.4	198,3 Aa	159,3 Bb	3215,6 Ab	2742,0 Ab	0,43 Ac	0,40 Ad
6410		155,3 Ad	143,5 Ac	3387,9 Ab	3291,9 Ab	0,44 Ac	0,40 Ad
6601	6.6 a 6.7	167,8 Ac	124,8 Bd	3106,1 Ab	3021,3 Ab	0,45 Ab	0,45 Ac

**Tabela 11 - Dados médios da massa de mil grãos (MMG), produtividade e índice de colheita de dezesseis cultivares de soja cultivadas em dois ambientes contrastantes para a química do solo, na safra 2020/21.**

	(conclusão)					
7067	181,8 Ab	147,5 Bc	2922,1 Ab	2878,0 Ab	0,40 Ac	0,40 Ad
CV (%)	5,56		15,61		5,07	

**\*Médias seguidas por letras distintas, minúsculas na coluna e maiúsculas na linha, diferem entre si pelo teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade. Fonte: Autoria própria (2023).**

A produtividade de grãos não variou entre os locais de cultivo para nove das dezesseis cultivares avaliadas não corroborando com Sálvio et al. (2011). Ao realizarem a correção do solo com calagem e gessagem, em área de pastagem degradada, na região do Cerrado, incorporado e em superfície, os autores verificaram acréscimo de 43 e 56%, respectivamente, no rendimento de grãos da cultivar Engopa 313, de ciclo mais tardio (138 dias).

Esse resultado não tão expressivo com relação à produtividade em ambientes contrastantes para a química de solo, para parte dos materiais testados, pode estar relacionado às condições meteorológicas predominantes na safra em questão (Figura 2). Até o dia 20 de janeiro as condições de temperatura máxima, mínima e precipitação foram satisfatórias à soja. Nesse caso, a depender das condições de solo, se estas não forem muito restritivas, a produtividade em ambientes contrastantes para essa característica pode se equiparar, a depender da genética de cada material.

Outro fator que pode contribuir na explicação para a semelhança de produtividade em alguns materiais, em áreas contrastantes, é que, a partir de vinte de janeiro houve uma queda drástica na precipitação. De acordo com o Gráfico 2, todas as cultivares passaram a ser colhidas apenas no final de fevereiro, logo, enfrentaram um período de escassez hídrica num momento crítico para a cultura. Nesse caso, cultivares posicionadas em área de maior fertilidade podem sofrer mais ao déficit hídrico, se até então as condições eram favoráveis, por apresentarem maior área foliar. Com a restrição hídrica, estas têm mais área de transpiração numa condição estressante (FIETZ; URCHÉI, 2002), o que pode ser mais prejudicial em comparação à uma planta com porte mais compacto, de menor área foliar, que estava posicionada numa área menos fértil.

Na soja, a necessidade de água aumenta com o desenvolvimento vegetativo da planta, atingindo a máxima demanda no período reprodutivo, florescimento-

enchimento de grãos e decresce, depois desses estádios, até atingir a maturidade fisiológica.

Déficit hídrico expressivo nesses períodos de maior demanda causam queda prematura de folhas e flores e intensifica o abortamento de vagens, além de reduzir a produtividade de grãos (FIETZ; URCHEI, 2002). Além disso, segundo Barbosa (2017), a restrição hídrica dificulta a planta absorver nutrientes do solo pela ocasião da redução da transpiração das plantas, ocasionando uma deficiência nutricional, nesse caso no momento de enchimento de grãos, influenciando no rendimento final. Souza et al. (2013) também obtiveram, como resultado em relação ao estresse hídrico coincidindo com o estádio de desenvolvimento R<sub>5</sub>, menor número de grãos por vagem e o peso dos grãos.

Na área de maior fertilidade, cultivares de menor GMR e intermediário tiveram maior produtividade em comparação às cultivares mais tardias. Esse resultado foi ligeiramente diferente na área de menor fertilidade, em que algumas das cultivares de GMR intermediários se destacaram em relação às demais (Tabela 11).

Destaque para as cultivares Zeus, 2606, 5909 e 6909, que tiveram desempenho superior em ambas as áreas, indicando possível maior adaptabilidade e estabilidade produtiva à mudança de ambiente de produção.

Kudiess (2015), avaliando onze cultivares de soja em três épocas de semeadura, obteve resultado positivo para as cultivares M 8210 IPRO®, M 8372 IPRO®, M 8349 IPRO® e AS 3810 IPRO®, as quais apresentaram boa produtividade e estabilidade e, por serem mais precoces, possibilitam, ainda, viabilizar uma segunda safra.

Nas lavouras, um fator importante para se reduzir os riscos é por meio de uso de materiais adaptados e estáveis, que possuem plasticidade às condições favoráveis e desfavoráveis do ambiente de produção, por meio da utilização eficiente dos recursos disponíveis (PESKE; VILLELA; MENEGHELLO, 2012; CARPENTER; BOARD, 1997).

Ferreira Junior et al. (2018), ao analisar a produtividade da soja em função da correção de solo, verificou que, onde se realizou a correção química, a cultura respondeu positivamente, com valores variando entre 2609 e 3394,60 kg ha<sup>-1</sup>; na área sem correção, a produtividade variou de 2050,40 a 2566,40 kg ha<sup>-1</sup>.

O IC variou bastante entre as cultivares avaliadas para cada ambiente de produção. Não foi possível estabelecer uma relação direta entre a produtividade de



grãos e o IC, visto que, algumas cultivares que se destacaram em produtividade, apresentaram menor valor dessa variável resposta. Esses resultados discordam dos observados por Showkat e Tyagi (2010); Petter et al. (2014). Os pesquisadores observaram relação positiva entre índice de colheita produtividade de grãos.

No presente estudo, cultivares de GMR menores tenderam a apresentar maior IC em comparação às cultivares de GMR maiores, para ambos os locais de cultivo (Tabela 11).

A principal correlação verificada na safra 2020/21 foi entre as variáveis NLP e NGP, sendo altamente significativa e positiva (Tabela 12). No entanto, essas duas variáveis não apresentaram correlação com a produtividade de grãos; ao contrário do observado por Zuffo et al. (2018), ao testarem seis cultivares de soja em função de diferentes densidades de semeadura, contataram correlação significativa e positiva entre NLP e a produtividade de grãos ( $r = 0,614$ ).<sup>b</sup>

**Tabela 12 - Correlação de Pearson entre as variáveis respostas de dezesseis cultivares de soja cultivadas em dois ambientes contrastantes para a química do solo, na safra 2020/21.**

P <sup>(1)</sup>	AP	IPL	NLP	NGP	NGL	MMG	PRO	IC	MS1	MS2	MS3
AP	1										
IPL	0,29*	1,0									
NLP	0,24*	-0,24*	1,0								
NGP	0,22*	-0,28*	0,94*	1,0							
NGL	0,02	-0,14	-0,01	0,33*	1,0						
MMG	0,25*	-0,33*	0,06	0,03	-0,01	1,0					
PRO	0,11	-0,25*	0,10	0,11	0,02	0,17	1,0				
IC	-0,42*	-0,72*	0,19*	0,25*	0,21*	0,20*	0,30*	1,0			
MS1	0,32*	0,26*	0,05	0,05	-0,01	0,44*	0,17*	0,15	1,0		
MS2	0,29*	0,10	0,19*	0,14	-0,13	0,16	0,23*	-0,11	0,05	1,0	
MS3	0,42*	-0,21*	0,35*	0,32*	-0,02	0,30*	0,28*	0,11	0,27*	0,32*	1,0

**\*A significância do coeficiente da Correlação de Pearson foi  $p < 0,05$ . Variáveis respostas: AP - altura da planta; IPL - inserção do primeiro legume; NLP - número de legumes por planta; NGP - número de grãos por planta; NGL - número de grãos por legume; MMG - massa de mil grãos; PRO - produtividade; IC - índice de colheita; MS1 - massa seca de parte aérea 1; MS2 - massa seca de parte aérea 2; MS3 - massa seca de parte aérea 3. Fonte: Autoria própria (2023).**

Destaque, da mesma forma, para a correlação negativa entre IC e IPL, mas também, em menor teor com AP, indicando que, quanto maior for a altura de inserção do primeiro legume, menor tende a ser o índice de colheita da cultivar avaliada (Tabelas 10 e 11).

Apesar de o IC ter apresentado correlação negativa com AP e IPL, este não foi muito significativo em relação à produtividade de grãos, não sendo possível estabelecer que plantas com maior IC serão sempre mais produtivas e vice-versa (Tabela 12). Florencio (2017) obteve correlação positiva entre a produtividade e o IC, o qual tratamentos que apresentaram valores acima que 0,40 foram os materiais de soja mais produtivos.

O IC é utilizado como uma medida de eficiência da planta, a qual significa a proporção de fotoassimilados gerado pela planta que foram destinados aos grãos (PINTO JUNIOR, 2016). Em estudo realizado por Duarte, Melo Filho e Santos (2013), verificou-se que o IC foi altamente influenciado pela fertilidade do solo, além de água, temperatura e estande de plantas. Braga (1983) encontrou valores de IC acima de 0,52 para a soja.

A MMG teve correlação intermediária e positiva com a massa seca de parte aérea na primeira coleta (MS1), realizada no estágio de desenvolvimento V2. Apesar de essa não ser altamente significativa (0,44\*) (Tabela 12), é possível verificar certa interferência nesse padrão morfológico das plantas sobre este componente de rendimento da soja; resultado esse que corrobora o de Zuffo et al. (2018).

Apesar de correlação fraca, houve certo efeito positivo da maior matéria seca de parte aérea das plantas, nas três coletas, sobre a produtividade de grãos, com maior nível na MS3. Em virtude dos valores constatados, outros fatores têm impacto nos resultados, que não apenas essas associações mencionadas, merecendo cautela na generalização.

Mas, não deixa de ser importante a adoção de estratégias de manejo que visem o crescimento adequado das plantas em nível de lavoura, compatível com a cultivar utilizada e na condição para que essa expresse seu potencial de rendimento. Segundo Flora (2013), o acúmulo de matéria seca de parte aérea influencia no aumento de NLP na cultura da soja.

## **6 CONCLUSÃO**

As cultivares de soja testadas tiveram, de uma forma geral, maior acúmulo de matéria seca de parte aérea quando cultivadas em área de maior fertilidade, maximização de alguns componentes de rendimento, variáveis entre as safras, contribuindo com a maior produtividade de grãos, em comparação à soja cultivada na área de menor fertilidade.

O índice de colheita por si só não é um parâmetro que pode ser utilizado para avaliar o desempenho produtivo das cultivares de soja, mesmo havendo certa correlação.

## REFERÊNCIAS

- ABDELNOOR, R. V. Cultivares de soja. Centro-Sul do Brasil, microrregiões 1, 2 e 3 e REC 401 do país. **Embrapa Soja**. 2019. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1073397/cultivares-de-soja-macrorregioes-1-2-3-e-rec-401-centro-sul-do-brasil>>. Acesso em: 02 abr. 2023.
- ALLIPRANDINI, L. F. *et al.* Understanding soybean maturity groups in brazil: environment, cultivar classification and stability. **Crop Science**, Madison, v.49, p.801-808, 2009.
- AMARAL, G. C.; BERTI, M, P, S.; SILVA, A, A.; SILVA JUNIOR, G, S.; CUSTODIO, J, P, C.; PEIXOTO, W, A. Características agronômicas da soja em função da adubação com pó de rocha e biofertilizante. **Revista Cultura Agronômica**, Ilha Solteira, v.29, n.4, p.437-447, 2020.
- AMUNDSON, R. Factors of soil formation in the 21st century. **Geoderma**, Berkeley, v. 391, p. 114960, jun. 2021.
- BARBOSA, G. F.; CENTURION, M. A. P. de C.; FERRAUDO, A.S. Potencial do manejo integrado da ferrugem asiática da soja: severidade da doença, desenvolvimento vegetativo e componentes da produção, cultivar MG/BR-46 (Conquista). **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 1, p. 76-89, fev. 2014.
- BARCELLOS, G. A.; MARKS, P.; PUNTEL, S.; CERA, J. C. **Influência do gripo de maturidade relativa e época de semeadura na produtividade final de cultivares de soja**. 2019. Disponível em: <https://maissoja.com.br/influencia-do-grupo-de-maturidade-relativa-e-epoca-de-semeadura-na-produtividade-final-de-cultivares-de-soja/>. Acesso em: 24 abr. 2023.
- BATISTA, M. A.; INOUE, T. T.; NETO, M. E.; MUNIZ, A. S. Princípios de fertilidade do solo, adubação e nutrição mineral. **Hortaliças-fruto**. Maringá, p.113-162. 2018.
- BATISTELLA FILHO, F.; FERREIRA, M. E.; VIEIRA, R. D.; CRUZ, M. C. P.; CENTURION, C. M. A. P. C.; SYLVESTRE, T. B.; RUIZ, J. G. C. L. Adubação com fósforo e potássio para produção e qualidade de sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 48: 783-790, 2013.
- BHERING, L.L. Rbio: A Tool For Biometric And Statistical Analysis Using The R Platform. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.17: 187-190p, 2017.
- BENDER, R. R.; HAEGELE, J. W.; BELOW, F.E. Nutrient Uptake, Partitioning, and Remobilization in Modern Soybean Varieties. **Agronomy Journal**, Urbana, v.107, n. 2, p. 563-573, mar. 2015.
- BENITES, V. M. Fontes de nutrientes para a produção de soja no Brasil. *In*: VI CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA: integração nacional e desenvolvimento sustentável. **Anais [...]** Cuiabá: Embrapa, 2012.

BERGAMASCHI, H. **Fotoperiodismo**. In: BERGAMASCHI, H.; BERGONCI, J.I. As plantas e o clima: princípios e aplicações. Guaíba: Agrolivros, 2017.

BEXAIRA, K. P. *et al.* Grupo de maturidade relativa: Variação no ciclo de desenvolvimento da soja em função da época de semeadura. **Anais do VIII Congresso Brasileiro de Soja**. Goiânia – GO, Brasil. 2018.

BLANCO, I. B.; **Adubação da cultura da soja com dejetos suínos e cama de aviário**. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia e Agricultura)- Programa de Pós- Graduação em Engenharia de Energia e Agricultura, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2015.

BOARD, J. E.; TAN, Qiang. Assimilatory capacity effects on soybean yield components and pod number. **Crop science**, Louisiana, v. 35, n. 3, p. 846-851, mai. 1995.

BOARD J. Light interception efficiency and light quality affect yield compensation of soybean at low plant populations. **Crop Science**, 40: 1285-1294. 2000.

BORGES, E. A. S. **Implicações da interação genótipos x ambientes na recomendação de cultivares de soja nas regiões sojícolas do Brasil**. 2018. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2018.

BRAGA, N. R.; COSTA, J. A. Avaliação de dez cultivares de soja pelo índice de colheita. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, 1983.

BROCH, D. L.; RANNO, S. K. **Fertilidade do solo, adubação e Nutrição da Cultura da Soja**. Tecnologia e produção: soja e milho. 2012. Disponível em: <[http://www.diadecampo.com.br/arquivos/materias/%7BCD77A770-CC48-45DA-91A2-5B01AEEAE04A%7D\\_02\\_fertilidade\\_do\\_solo\\_cultura\\_da\\_soja.pdf](http://www.diadecampo.com.br/arquivos/materias/%7BCD77A770-CC48-45DA-91A2-5B01AEEAE04A%7D_02_fertilidade_do_solo_cultura_da_soja.pdf)>. Acesso em: 03 abr. 2023.

CARPENTER, A. C., BOARD, J. E. Growth dynamic factors controlling soybean yield stability across plant populations. **Crop Science**, Louisiana, v. 37, n. 5, p.1520-1526, 1997.

CAVASSIM, J. E. **Classificação em grupos de maturidade relativa para a soja comparando metodologias de estabilidade**. 2014. 109 f. Tese (Doutorado em Produção vegetal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2014.

COBER, E.R.; CURTIS, D. F.; STEWART, D. W.; MORRISON, M. J. Quantifying the effects of photoperiodic, temperature and daily irradiance of flowering time of soybean isolines. **Plants**, Ottawa, v.3, n. 4, p.476-497, nov. 2014.

COELHO, A, M. Nutrição e adubação do milho. **EMBRAPA, Circular Técnica 78**. 2006. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/490410/1/Circ78.pdf>>. Acesso em 04 abr. 2023.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Perspectiva para a Agropecuária**, v.7 [Brasília], 2022. Disponível em: <E-book\_BoletimZdeZSafrasZ-Z7oZlevantamento-compactado (1).pdf>. Acesso em: 04 abr 2023.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra Brasileira – Grãos, Safra 2021/2022**. [Brasília], 2023. Disponível em <<https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/4536-safra2021-22-cresce-4-em-relacao-ao-ciclo-anterior-e-esta-estimada-em-265-7-milhoes-de-toneladas> 2#:~:text=Conab%20%2D%20Safra%202021%2F22%20cresce,265%2C7%20milh%C3%B5es%20de%20toneladas> Acesso em: 04 abr 2023.

CONTINI, E., *et al.* Milho: caracterização e desafios tecnológicos. **Embrapa**, 2019. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/195075/1/Milho-caracterizacao.pdf>>. Acesso em: 04 abr 2023.

CORDEIRO, D. S., *et al.* **Calagem, adubação e nutrição mineral**. *In*: Embrapa. Ecologia, manejo e adubação da soja. Londrina, 1979.

CRUZ, C. D. **Programa Genes** - Estatística Experimental e Matrizes. 1. ed. Viçosa: Editora UFV, 2006. v. 1. 285 p.

NOVAES JUNIOR, E. S.; FREITAS, I. C. V.; MATIAS, F. I. FRANCO, L. D. P. Emergência e vigor de sementes de soja em função da disponibilidade hídrica do solo. **Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável**, v. 7, n. 3, 2012.

DUARTE, E. A. A.; MELO FILHO, P. D. A.; SANTOS, R. C. Características agrônômicas e índice de colheita de diferentes genótipos de amendoim submetidos a estresse hídrico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Ilhéus, v. 17, n. 8, p. 843-847, ago. 2013.

EGLI, D. B. **Soybean yield physiology: principles and processes of yield production**. *In*: The soybean: botany, production and uses. Wallingford UK: CABI, p. 113-141, 2010.

FAGERIA, N. K. The use of nutrientes in crop plants. **Boca Raton**. 2009. Disponível em: <<https://www.routledge.com/The-Use-of-Nutrients-in-Crop-Plants/Fageria/p/book/9780367386887#:~:text=The%20Use%20of%20Nutrients%20in%20Crop%20Plants%20provides%20in%2Ddepth,less%20stress%20on%20the%20environment>>. Acesso em: 04 abr 2023.

FARIAS, J. R. B.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N. Ecofisiologia da soja. **Embrapa Soja (Circular Técnica, 48)**. 8p. 2007. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/470308>>. Acesso 23 abr. 2023.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. Stages of soybean development. **Ames**, p. 11, 1977.

FERREIRA JUNIOR, O. J.; BORTON, L.; BORGHI, E.; BORTOLON, L. S. O.; CAMARGO, F. P.; SILVA, R. R. **Rendimento de grãos de soja em função da**

**correção de solo e sobressemeadura de forrageiras na soja.** Resumos do V RCOCS e II SNPC. 2018. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/190908/1/CNPASA-2018-rcocs-p473.pdf>>. Acesso em: 14 abr 2023.

FIETZ, C.R.; URCHEI, M.A. Deficiência hídrica da cultura da soja na região de Dourados, MS. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.6, p.262-265, 2002.

FIOREZE, S. L.; RODRIGUES, J. D.; CARNEIRO, J. P. C.; SILVA, A. A.; LIMA, M. B. Fisiologia e produção da soja tratada com cinetina e cálcio sob deficit hídrico e sombreamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 11, p. 1432-1439, 2013.

FLORA, L, P, D. **Variabilidade especial de componentes morfológicos e de produtividade da cultura de soja e suas relações com os atributos químicos do solo.** 2013. Tese (Doutorado), área de concentração Fitotecnia. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2013.

FLORENCIO, V. H. R. **Caracterização de variedades cultivadas de soja de diferentes grupos de maturação em função dos atributos fisiológicos e a produtividade.** 2017. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2017.

FRAGOSO, C. ROJAS, P.; BROWN, G. **The role of soil macrofauna in the paradigm of tropical soil fertility: some research imperatives.** *In*: SIQUEIRA, J. O.; *et al.* Interrelação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas. Lavras: UFLA/DCS, 1999.

FRANCHINI, J. C.; SARAIVA, O. F.; DEBIASI, H.; GONÇALVES, S. L. Contribuições de sistemas de manejo do solo para a produção sustentável da soja. **Circular Técnica**, (Circular Técnica 58), Londrina, p. 1-12, 2008.

FREDDI, O. D. S.; TAVANTIR, F, R.; SOARES, M. B.; ALMEIDA, F. T.; PERES, F, S, C. Physical-chemical quality of a latossol under direct seeding and soybean-corn succession in the cerrado-amazonian ecotone. **Revista Caatinga**, Sinop, v. 30, n. 4, p. 991–1000, 2017.

GONÇALVES, J. G. R. **Identificação de linhagens de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) tolerantes à seca.** 82f. 2013. Tese (Doutorado em Agricultura Tropical e Subtropical) Instituto Agrônomo de Campinas, Campinas, 2013.

GONÇALVES, J. M.; SOUZA, E. R. B.; FERNANDES, E. P.; LEANDRO, W. M.; PELOSI, A. P. **Produção de matéria seca e produtividade em soja.** 2010. Disponível em: <<http://www.sbpnet.org.br/livro/63ra/conpeex/mestrado/trabalhos-mestrado/mestrado-janine-mesquita.pdf>>. Acesso em: Acesso em: 04 abr 2023.

GURMU, F.; MOHAMMED, H.; ALEMAW, G. Genotype x environment interactions and stability of soybean for grain yield and nutrition quality. **African Crop Science Journal**, v. 17, n. 2, p. 87-99, 2009.

KAPPES, C.; ZANCANARO, L. **Manejo da fertilidade do solo em sistemas de produção no Mato Grosso**. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 3.; SIMPÓSIO SOBRE LEPTÓPTEROS COMUNS A MILHO, SOJA E ALGODÃO, 1., 2014, Salvador. Eficiência nas cadeias produtivas e o abastecimento global: palestras. Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2014. p.358-381.

KNUDSEN, C. H.; MELO, R. R. **Densidade de plantas e época de semeadura na cultura da soja na região de Dourados – MS**. 2018. Trabalho de conclusão de curso na Faculdade de Ciências Agrárias. UFGD. Dourados – MS, 2018.

KUDIESS, D. **Estabilidade de cultivares de soja em dois locais e três épocas de semeadura no Oeste da Bahia**. Monografia de Conclusão de Curso – Universidade de Brasília/Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 30 p. Brasília – DF, 2015.

KUWAYAMA, Y.; THOMPSON, A.; BERNKNOPF, B.; VAIL, P. Estimating the impact of drought on agriculture using the US Drought Monitor. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 101, n. 1, p. 193-210, 2019.

MAGALHÃES, P. C.; SOUZA, T. C.; ALBUQUERQUE, P. E. P.; KARAN, D. MAGALHÃES, M. M. CANTÃO, F. R. O. Caracterização ecofisiológica de linhagens de milho submetidas a baixa disponibilidade hídrica durante o florescimento. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 8, p. 223-232, 2009.

MAPA, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Soja**. [Brasília], 2014. Disponível em: < <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/soja>>. Acesso em: 04 abr. 2023.

MAPA, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Soja**. [Brasília], 2016. Disponível em: < <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/soja>>. Acesso em: 04 abr. 2023.

MAPA, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. 2009. Disponível em: <[https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/2946\\_regras\\_analise\\_\\_sementes](https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/arquivos-publicacoes-insumos/2946_regras_analise__sementes)>.pdf. Acesso em: 02 abr. 2023.

MONZON, J. P.; CAFARO LA MENZA, N.; CERRUDO, A.; CANEPA, M.; RATTALINO EDREIRA, J.; SPECHT, J.; ANDRADE, F.; GRASSINI, P. Critical period for seed number determination in soybean as determined by crop growth rate, duration, and dry matter accumulation. **Field Crops Research**, v. 261, p. 108016, 2021.

MORAES, A.; MORAES, L. A. C. M. **Nutrição e adubação da cultura da soja: macronutrientes**. 2018. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/325069952\\_Nutricao\\_e\\_adubacao\\_da\\_cultura\\_da\\_soja\\_Macronutrientes](https://www.researchgate.net/publication/325069952_Nutricao_e_adubacao_da_cultura_da_soja_Macronutrientes)>. Acesso em: 02 abr. 2023.



- MOREIRA, A.; MORAES, L. A. C. **Nutrição e adubação da cultura da soja: Macronutrientes**. 2018. Disponível em <[https://www.researchgate.net/publication/325069952\\_Nutricao\\_e\\_adubacao\\_da\\_cultura\\_da\\_soja\\_Macronutrientes](https://www.researchgate.net/publication/325069952_Nutricao_e_adubacao_da_cultura_da_soja_Macronutrientes)> Acesso em: 03 abr. 2023.
- NOGUEIRA, A. P. O., *et al.* Análise de trilha e correlações entre caracteres em soja cultivada em duas épocas de semeadura. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 6, p.877- 888, 2012.
- OLIVEIRA JUNIOR, A.; CASTRO, C.; PEREIRA, R. R.; DOINGOS, C. S.; Estádios fenológicos e marcha de absorção de nutrientes da soja. **Embrapa Soja**. 2016. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1047123/estadios-fenologicos-e-marcha-de-absorcao-de-nutrientes-da-soja>>. Acesso em: 03 abr. 2023.
- OLIVEIRA, F. A., *et al.* Exigências minerais e adubação. **Embrapa**. 2019. Disponível em: [https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/soja/arvore/CONTAG01\\_38\\_271020069132.html](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/soja/arvore/CONTAG01_38_271020069132.html). Acesso em: 03 abr. 2023.
- PELÚZIO, J. M.; FIDELIS, R. R.; GIONGO, P.; CARDOSO DA SILVA, J.; CAPPELLARI, D.; BANDEIRA BARROS, H.; Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de soja em quatro épocas de semeadura no sul do Estado do Tocantins. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 55, n. 1, p. 34-40, 2008.
- PETTER, F. A., *et al.* Phenotypic correlations and path analysis of soybean production components in the Brazilian cerrado of Piauí state. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, v. 57, n. 3, p.273-279, 2014.
- PESKE, S. T; VILLELA, F. A.; MENEGHELLO, G. E. **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. Pelotas: Editora Universitária/UFPel, 2012.
- PINTO JUNIOR, R, A. **Controle genético do índice de Colheita do feijoeiro**. 2016. 49f. Dissertação (Mestrado em melhoramento de plantas). Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas. Universidade Federal de Lavras. Lavras-MG, 2016.
- PROCÓPIO, S. O., BALBINOT JUNIOR, A. A., DEBIASI, H., FRANCHINI, J. C. e PANISON, F. (2013). Plantio cruzado na cultura da soja utilizando uma cultivar de hábito de crescimento indeterminado. **Revista de Ciência Agrária**, V. 56, 319-325. <http://dx.doi.org/10.4322/rca>. 2013.
- RAFAIN, E. F.; GUBIAN, J. E.; ROSA, D. P.; NUNES, A. L. Correlation between sowing and fertilizer application systems and weeds in soybean crops. **Rev. Caatinga**, Mossoró, v. 33, n. 2, p. 281 – 286, abr. – jun., 2020.
- RAMALHO, M. A. P.; ABREU, DE F. B.; DOS SANTOS, J. B.; RODRIGUES NUNES, J. A. Aplicações da Genética Quantitativa no Melhoramento de Plantas Autógamas. **Embrapa Arroz e Feijão**. UFLA, Lavras, 2012.

REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO SUL. **Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, safras 2016/2017 e 2017/2018. XLI Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul.** 2016. Disponível em: <<http://editora.upf.br/index.php/e-books-topo/44-agronomia-area-do-conhecimento/158-indicacoes-tecnicas-para-cultura-da-soja>>. Acesso em: 04 abr. 2023.

SÁSLVIO, F. L. SILVA, G. C.; TEIXEIRA, I. R.; MOTA, J. H.; BORÉM, A. Calagem e gessagem na nutrição e produção de soja em solo com pastagem degradada. **Revista Agrotecnologia**, Anápolis, v.2, n.1, p.19–31, 2011.

SANTANA, A.J.O., *et al.* **Estimativas de herdabilidade e ganho de seleção para número de vagens em soja.** 2018. Disponível em: <<https://maissoja.com.br/estimativas-de-herdabilidade-e-ganho-de-selecao-para-numero-de-vagens-em-soja/>>. Acesso em 23 abr. 2023.

SEBASTIANI, B. T. **Acúmulo e partição de matéria seca e nutrientes de cultivares de soja, semeadas em duas épocas.** 2019. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2019.

SEDIYAMA, T. **Tecnologias de produção e usos da soja.** Londrina: Editora Mecenas, 2009. 324 p.

SFREDO, G.J. Soja no Brasil: calagem, adubação e nutrição mineral. **Embrapa Soja**, 2008. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/470934/soja-no-brasil-calagem-adubacao-e-nutricao-mineral>>. Acesso em: 04 abr. 2023.

SFREDO, G.J.; OLIVEIRA, M.C.N. de. Soja: molibdênio e cobalto. **Embrapa Soja**, 2010. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/859439/soja-molibdenio-e-cobalto>. Acesso em: 04 abr. 2023.

SHOWKAT, M.; TYAGI, D. Correlation and path analysis of some quantitative traits in soybean (*Glycine max* L. Merrill). **Research Journal of Agricultural Sciences**, Timișoara, v. 1, n. 3, p.102-106, 2010.

SILVA, R. R.; GOMES DE FARIAS, A.; NETOS, A.; PEREIRA, T.; DIAS, J.; MARTINS DOS SANTOS, A.; ALOÍSIO JUNIOR.; FREITAS, G.; NACIMENTO, V. High P Availability in Brazilian Cerrado Soils Reduces Nodulation and Grain Yield of Soybean. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 50, n. 10, p. 1267–1277, 2019.

SILVA, V. T. *et al.* Manejo de irrigação na cultura da soja em sistema de semeadura direta, sobre restos culturais de *Brachiaria ruziziensis*. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 6, e64963430, 2020.

SILVA, W. C. J.; DUARTE, J. B. Métodos estatísticos para estudo de adaptabilidade e estabilidade fenotípica em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 1, p. 23-30, 2006.

SBCS- Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2ª Ed. Núcleo Estadual do Paraná (NEPAR). **Manual de adubação e calagem para o Estado do Paraná**. Curitiba: SBCS/NEPAR, p. 482, 2019.

SOUSA, L. B.; **Diversidade fenotípica e molecular, correlações entre caracteres, adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja**. 142 p. 2013. Tese de Doutorado. Área de concentração em Fitotecnia. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Uberlândia -MG, 2013.

SOUZA, L. G. M.; LAZARINI, E.; SANTOS, J.; PARENTE, T.; NAKAO, A. Acúmulo de matéria seca e proteína total em variedades de soja em função dos ciclos e épocas de amostragem. **Enciclopédia biosfera, Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v.10, n.19, 2014.

SOUZA, G. M.; CATUCHI, T. A.; BERTOLLI, S.; SORATTO, R. P. Soybean Under Water Deficit: Physiological and Yield Responses. **A Comprehensive Survey of International Soybean Research - Genetics, Physiology, Agronomy and Nitrogen Relationships**. 2013.

THOMAS, A. L.; COSTA, J. A. Soja – manejo para alta produtividade de grãos. Porto Alegre: **Editora Evangraf**, 2010.

TORRES, F. E., et al. Selection of Soybean Genotypes for To Cerrado/Pantanal Ecotone Via Reml/Blup Seleção De Genótipos De Soja Para O Ecótono Cerrado/Pantanal Via Reml/Blup. **Original Article Biosci. J**, v. 34, n. 2, p. 333–340, 2018.

UMBURANAS, R. **Grupo de maturidade relativa em soja: entenda como é realizado essa classificação**. 2018. Disponível em:< <https://blogagro.basf.com.br/grupo-de-maturidade-relativa-em-soja-entenda-como-e-realizado-679/n>>. Acesso em 26.nov.2020.

VERNETTI, F. J.; VERNETTI JUNIOR, F. J.; **Genética da soja: Caracteres Qualitativos e Diversidade Genética**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009.

VOGEL, J. T. et al. Soybean yield formation physiology—a foundation for precision breeding based improvement. **Frontiers in plant science**, v. 12, p. 719706, 2021.

WENDLING, A., *et al.* Recomendação de adubação Potássica para trigo, milho e soja sob sistema de plantio direto no Paraguai. **R. Bras. Ci. Solo**, v. 32, p. 1929-1939, 2008.

ZANON, A. J.; SILVA, M. R.; TAGLIAPIETRA, E. L.; CERA, J. C. **Ecofisiologia da soja: visando altas produtividades**. 1ª ed., Santa Maria, 136 p., 2018.

ZANON, A. J.; STRECK, N. A.; RICHTER, G. L.; BECKER, C. C.; ROCHA, T. S. M.; CERA, J. C.; WINCK, J. E. M.; CARDOSO, A. P.; TAGLIAPIETRA, E. L.; WEBER, P. S. Contribuição das ramificações e a evolução do índice de área foliar em cultivares modernas de soja. **Bragantia**, v. 74, n.3, 2015.

ZHANG, S., *et al.* Photoperiodism dynamics during the domestication and improvement of soybean. **Science China Life Sciences**, v.60, p.1416- 1427, 2017.

ZIMMER, G., *et al.* **Produção de matéria seca em cultivares de soja tolerante e suscetível à deficiência de fósforo**. 2020. Disponível em: <[https://cti.ufpel.edu.br/siepe/arquivos/2020/CA\\_04305.pdf](https://cti.ufpel.edu.br/siepe/arquivos/2020/CA_04305.pdf)>. Acesso em: 18 fev. 2023

ZUFFO, A. M., *et al.* Correlações e análise de trilha em cultivares de soja cultivada em diferentes densidades de plantas. **Cultura Agrônômica**, Ilha Solteira, v.27, n.1, p.78-90, 2018.