

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO-OESTE, UNICENTRO-PR**

**CRESCIMENTO, PRODUTIVIDADE E QUALIDADE  
PÓS-COLHEITA DE CULTIVARES DE FEIJÃO  
COMUM EM DIFERENTES DENSIDADES DE  
SEMEADURA EM AMBIENTE DE ALTA  
PRODUTIVIDADE**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**FERDINAND STOETZER**

**GUARAPUAVA-PR**

**2020**

**FERDINAND STOETZER**

**CRESCIMENTO, PRODUTIVIDADE E QUALIDADE PÓS-COLHEITA DE  
CULTIVARES DE FEIJÃO COMUM EM DIFERENTES DENSIDADES DE  
SEMEADURA EM AMBIENTE DE ALTA PRODUTIVIDADE**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Centro-Oeste, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Jackson Kawakami

Orientador

Ms. Noemir Antoniazzi

Co-orientador

GUARAPUAVA-PR

2020

Catálogo na Publicação  
Rede de Bibliotecas da Unicentro, Campus Cedeteg

S872c

Stoetzer, Ferdinand

Crescimento, produtividade e qualidade pós-colheita de cultivares de feijão comum em diferentes densidades de semeadura em ambiente de alta produtividade / Ferdinand Stoetzer. -- Guarapuava, 2020.

ix, 47 f. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, 2020.

Orientador: Jackson Kawakami

Coorientador: Noemir Antoniazzi

Banca examinadora: Renan Caldas Umburanas, Eduardo Stefani Pagliosa

Bibliografia

1. Agronomia. 2. *Phaseolus vulgaris* L.. 3. Componentes de produção. 4. População de plantas. 5. Rendimento. 6. Variedade. I. Título. II. Programa de Pós-Graduação em Agronomia.

| CDD 630

Ferdinand Stoetzer

**CRESCIMENTO, PRODUTIVIDADE E QUALIDADE PÓS COLHEITA DE CULTIVARES  
DE FEIJÃO COMUM EM DIFERENTES DENSIDADES DE SEMEADURA EM  
AMBIENTE DE ALTA PRODUTIVIDADE**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Centro-Oeste, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

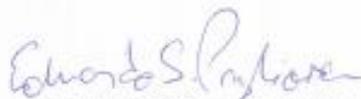
Aprovada em 20 de fevereiro de 2020.



Prof. Dr. Jackson Kawakami  
(UNICENTRO)



Dr. Renan Caldas Umburanas  
(UNICENTRO)



Dr. Eduardo Stefani Pagliosa  
(FAPA)

GUARAPUAVA-PR  
2020

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	i
<b>ABSTRACT</b> .....	ii
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	3
<b>2.1. Objetivo geral</b> .....	3
<b>2.2. Objetivos específicos</b> .....	3
<b>3. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	4
<b>3.1. Panorama de produção</b> .....	4
<b>3.2. Características gerais da cultura</b> .....	5
<b>3.3. Cultivares</b> .....	5
3.3.1. BRS FC104.....	6
3.3.2. BRS Esteio.....	6
3.3.3. IPR Campos Gerais.....	7
3.3.4. TAA Dama.....	7
<b>3.4. Densidade de sementeira</b> .....	8
<b>3.5. Adaptação e crescimento da cultura</b> .....	10
<b>3.6. Produtividade</b> .....	11
<b>3.7. Pós-colheita</b> .....	12
3.7.1. Coloração.....	13
<b>3.8. Teor de Proteína</b> .....	14
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	15
<b>4.1. Local do experimento</b> .....	15
<b>4.2. Delineamento experimental e análise estatística</b> .....	15
<b>4.3. Material experimental</b> .....	16
<b>4.4. Sementeira e manejo da cultura</b> .....	16
<b>4.5. Avaliações</b> .....	16
4.5.1. Quantificação da massa seca total (MST).....	17
4.5.2. Quantificação do índice de área foliar (IAF).....	17
4.5.3. Altura de planta (AP).....	17
4.5.4. Quantificação produtividade e componentes produtivos.....	18
4.5.5. Determinação de coloração – Cromaticidade L*, a* e b*.....	18
4.5.6. Determinação do teor de proteínas.....	18
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	20
<b>5.1. Dados climáticos</b> .....	20
<b>5.2. Produtividade e componentes produtivos</b> .....	21
<b>5.3. Análise de crescimento</b> .....	26
<b>5.4. Análise de pós-colheita</b> .....	34
<b>6. CONCLUSÕES</b> .....	40
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	41

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Espaço de cor, cromaticidade L*, a* e b* medidas com calorímetro, Guarapuava-PR.....	19
<b>Figura 2.</b> Dados meteorológicos de temperatura e precipitação e datas de semeadura, coletas aos 36, 50, 64 e 78 DAE e colheita entre dezembro de 2018 e março de 2019, disponíveis na estação do Simepar em Entre Rios, Guarapuava-PR.....	20
<b>Figura 3.</b> Produtividades de feijão de 4 cultivares (A) e regressão entre 4 cultivares e 5 densidades (B) em Guarapuava-PR.....	22
<b>Figura 4.</b> Massa de mil grãos (MMG) (A), e número de grãos por área (B), número de grãos por vagem (C) e número de vagens por área (D), em 4 cultivares de feijão em Guarapuava-PR.....	24
<b>Figura 5.</b> Regressão entre densidade e número de grãos produzidos por área (A) e densidade e número de grãos produzidos por planta (B) de 4 cultivares de feijão em Guarapuava-PR....	25
<b>Figura 6.</b> Regressão entre densidade e altura de planta aos 36 DAE de 4 cultivares de feijão e interação entre 4 cultivares e 5 densidades para a variável altura de planta aos 50, 64 e 78 dias após a emergência em Guarapuava-PR.....	29
<b>Figura 7.</b> Massa seca total por área de 4 cultivares de feijão aos 36 e 64 DAE (A) e interação entre 4 cultivares e 5 densidades para a variável massa seca total por área aos 78 DAE (B) em Guarapuava-PR.....	31
<b>Figura 8.</b> Índice de área foliar de 4 cultivares de feijão aos 36 e 50 DAE em Guarapuava-PR.....	32
<b>Figura 9.</b> Interação entre 4 cultivares e 5 densidades para a variável índice de área foliar aos 64 e 78 dias após a emergência em Guarapuava-PR.....	34
<b>Figura 10.</b> Teor de proteína bruta (%) (A) e cromaticidade L* (B) de 4 cultivares de feijão e 5 densidades em Guarapuava-PR.....	36

**Figura 11.** Interação entre 4 cultivares e 3 coletas em pós colheita para a variável cromaticidade  $a^*$  em Guarapuava-PR.....37

**Figura 12.** Cromaticidade  $b^*$  de três cultivares de feijão (A) e cromaticidade  $b^*$  de três cultivares de feijão aos 30, 90 e 180 dias após a colheita (B) em Guarapuava-PR.....39

## ÍNDICE DE TABELAS

- Tabela 1.** Efeito do aumento da densidade de semeadura sobre produtividade (PROD), massa de mil grãos (MMG), número de grãos por área (NGM<sup>2</sup>), número de grãos por vagem (NGV), e altura de planta (AP) encontrados na revisão de literatura .....9
- Tabela 2.** Valor-*p* da análise de variância (ANOVA) e regressão (L: linear; Q: quadrática) para produtividade, massa de mil grãos (MMG), número de grãos por área (NGM<sup>2</sup>), número de vagens por área (NVM<sup>2</sup>), número de grãos por vagem (NGV) e número de grãos por planta (NGP), e de 4 cultivares (C) e 5 densidades de semeadura (D), em Guarapuava-PR.....22
- Tabela 3.** Correlação entre produtividade e componentes de produtivos em 4 cultivares e 5 densidades de semeadura em Guarapuava-PR.....26
- Tabela 4.** Valor-*p* da análise de variância (ANOVA) para cultivar, densidades e interação cultivar/densidade nas variáveis altura de planta (AP), massa seca total por área (MST) e índice de área foliar (IAF), em Guarapuava-PR.....27
- Tabela 5.** Valor-*p* da análise de variância (ANOVA) para cultivar, densidades, dias após a colheita (DAC) e interação cultivar/densidade/DAC, nas variáveis proteína bruta (PB), cromaticidade (L\*), cromaticidade (a\*) e cromaticidade (b\*), em Guarapuava-PR.....35

## RESUMO

Ferdinand Stoetzer. Crescimento, produtividade e qualidade pós-colheita de cultivares de feijão comum em diferentes densidades de semeadura em ambiente de alta produtividade

O feijão faz parte da cultura e da sociedade brasileira, sendo hábito alimentar cotidiano em diferentes níveis de renda, gênero, regiões e faixas etárias. O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de feijão e essa fabaceae possui ampla adaptação aos diferentes ambientes e manejos em que é cultivada. O objetivo da pesquisa foi testar o efeito de cultivares e densidades de semeadura no desenvolvimento e na produção de grãos de feijão, e em suas características pós-colheita. O experimento foi implantado em dezembro de 2018, no município de Guarapuava-PR, contendo quatro cultivares (BRS Esteio, BRS FC 104, TAA Dama e IPR Campos Gerais), cinco densidades (150, 200, 250, 300 e 350 mil plantas por hectare) e três repetições (blocos), em delineamento de blocos ao acaso em esquema de parcela subdividida. Os componentes produtivos mais importantes no feijão foram o número de grãos produzidos por área e o número de grãos produzidos por vagem, sendo que a cultivar BRS Esteio foi a mais produtiva. O número de grãos produzidos por planta e o número de grãos produzidos por área foram inversamente proporcionais e foram afetados pela densidade de semeadura, sendo que as maiores produtividades foram alcançadas com as maiores densidades. A altura de planta, o índice de área foliar e a massa seca total por área são características das cultivares, porém também são influenciadas pela densidade. O índice de área foliar e a massa seca total por área demonstram a capacidade de adaptação e plasticidade do feijão, sendo que a maior produtividade foi alcançada pela cultivar que apresentou bons valores nesses parâmetros. A cultivar de feijão preto BRS Esteio e de feijão cores TAA Dama apresentaram as melhores características de coloração e estabilidade nas análises de pós-colheita.

**Palavras-chave:** *Phaseolus vulgaris* L.; componentes de produção; população de plantas; rendimento; variedade.

## ABSTRACT

Ferdinand Stoetzer. Growth, yield, and postharvest quality of common bean cultivars at different sowing densities in high yield environment

Common bean is part of Brazilian culture and society. It is part of the eating habit of groups of different income levels, gender, regions, and age ranges. Brazil is the third-largest common bean producer in the world, and this Fabaceae has wide adaptation to different environments and grown managements. The objective of this research was to check the effect of cultivars and sowing densities on growth and grain yield of common beans, and on its postharvest attributes. The experiment was carried out in December 2018, in Guarapuava-PR, Brazil. It consisted of four cultivars (BRS Esteio, BRS FC 104, TAA Dama and IPR Campos Gerais), five densities (150, 200, 250, 300 and 350 thousand plants per hectare), and three replications (blocks), in randomized blocks in a split-plot scheme. The most important yield components in common beans were the number of grains per area and the number of grains per pod. Cultivar BRS Esteio had the highest yield. The number of grains per plant and the number of grains per area were inversely proportional. Both variables were affected by sowing density, with the highest yields obtained with the highest sowing densities. Plant height, leaf area index, and total dry matter per area were cultivar attributes, but it was also affected by sowing density. Leaf area index and total dry matter per area were genetic characteristics indicating adaptability and plasticity of common beans, whit the highest yield achieved by the cultivar that showed high values in these parameters. The black bean cultivar BRS Esteio and the color bean cultivar TAA Dama had the best coloring and stability characteristics.

**Keywords:** *Phaseolus vulgaris* L.; yield components; plant population; productivity; variety.

## 1. INTRODUÇÃO

O consumo de feijão faz parte da cultura e da sociedade brasileira, e junto com o arroz caracteriza hábito alimentar observado com frequência tanto na população urbana quanto na rural. Esse hábito transcende diferentes níveis de renda, gênero, região e faixa etária, sendo consumido tanto em casa como fora do domicílio. A semente dessa fabaceae possui elevado teor de proteínas e aminoácidos fundamentais, além disso, representa importante fonte de carboidratos, vitaminas e minerais (CONAB, 2018).

Atualmente o Brasil é o terceiro maior produtor mundial de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). Em 2019 produziu cerca de 3 milhões de toneladas em área de mais de 2,8 milhões de hectares. Neste mesmo ano o Paraná produziu cerca de 22% da produção nacional, com produtividade média de 1.568 kg ha<sup>-1</sup>. Os maiores municípios produtores no Estado do Paraná são Prudentópolis, Irati e Castro, que somados colheram cerca de 56.000 hectares da cultura, representando cerca de 14% da produção paranaense (IBGE, 2020).

O Paraná é o maior produtor brasileiro de feijão. Os campos gerais participam com uma parcela significativa dessa produção, pois essa região apresenta clima favorável, além do alto nível de tecnologia empregado, assistência técnica e pesquisa aplicada na cultura. Isso faz com que a região alcance níveis de produtividade superiores as médias estaduais e nacionais (OCEPAR, 2019).

A comercialização do feijão está muito ligada a aspectos visuais do grão, como coloração, brilho do tegumento e tamanho. Apesar de estudos comprovarem que há características qualitativas mais importantes, a qualidade visual como cor e tamanho dos grãos, definem a escolha do consumidor de feijão, sendo que, grãos com características de coloração mais claras são as preferidas no mercado (BASSINELO, 2018). Além da cor, o consumidor procura grãos maiores no comprimento, largura e espessura e que apresentam rápido cozimento (RIBEIRO et al., 2019).

O genótipo e a densidade de semeadura influenciam na qualidade e na produtividade final do feijão. A análise de crescimento na cultura auxilia no entendimento do potencial produtivo do feijão e traz subsídios que dados de produtividade isolados não conseguem detectar (URCHEI et al., 2000). A análise de crescimento e enchimento de grãos em diferentes densidades de feijão podem ser úteis para o mapeamento e modelagem de parâmetros biológicos que afetam a dinâmica de crescimento de órgãos e por consequência a produtividade da cultura (MICHELANGELIE et al., 2013). Informações como número de flores, vagens, nós e índice de área foliar (ANDRADE et al., 2009), além da influência da

arquitetura da planta ajudam a entender como a produtividade do feijão é formada (URCHEI et al., 2000; SILVA et al., 2009).

Maiores produtividades foram observadas em maiores densidades, porém esse aumento também aumentou a incidência de *Solanum sarrachoides* e *Sclerotinia sclerotiorum* (SHIRTLIFFE e JOHNSTON, 2002). Densidades maiores de semeadura de feijão aumentaram a produtividade, pois a cultura aumentou a taxa de assimilação líquida, taxa de crescimento da cultura, taxa de crescimento relativo e massa seca total (SILVA et al., 2012). Já a altura de planta pode se comportar de formas distintas em relação ao aumento da densidade, sendo que vários fatores podem interferir nessa variável, dentre eles o hábito de crescimento, clima e solo. Isso demonstra efeito de plasticidade ou modificação, ou efeito de compensação existente no feijão (SOUZA et al., 2014). Outros autores não observaram diferenças no número de vagens em diferentes densidades de semeadura e atribuíram essa característica a capacidade da planta de ajustar seu potencial de produção de forma com que consiga suprir a necessidade de fotoassimilados (SILVA et al., 2012).

A cultura do feijão possui ampla adaptação ao cultivo e é uma alternativa para a rotação de culturas. A pesquisa dessa cultura contribuirá para o desenvolvimento de cultivares mais produtivas e o melhor entendimento sobre o desenvolvimento do feijão e sua influência na produção de grãos. Além disso, fornecem dados e informações que contribuem com o a pesquisa e extensão da cultura do feijão.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo geral**

Avaliar o desempenho de cultivares de feijão sob diferentes densidades de semeadura.

### **2.2. Objetivos específicos**

- Avaliar como os componentes produtivos e a produtividade são afetados pelas cultivares e densidades de semeadura;
- Avaliar o crescimento da cultura de feijão e sua relação com a produtividade;
- Avaliar a coloração e qualidade pós-colheita de grãos de feijão em resposta ao efeito de cultivares e densidade de semeadura.

### 3. REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1. Panorama de produção

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de feijão, com produção anual que variou de 2,6 a 3,5 milhões de toneladas nas últimas 10 safras. Nesse mesmo período a área cultivada com esse grão variou de 4,1 a 2,6 milhões de hectares em 2009 e 2016, respectivamente, no entanto nas últimas duas safras a área tem se mantido constante com cerca de 2,8 milhões de hectares cultivados (IBGE, 2020).

O Brasil é atualmente auto-suficiente na produção de feijão, porém importa e exporta certos tipos de feijão. Nos últimos 5 anos foram importadas cerca de 830 mil toneladas (cerca de 166 toneladas por ano) de feijão, sendo que a maior parte (cerca de 707 mil toneladas) é de feijão preto, oriundo principalmente da Argentina. As exportações somam nos últimos 5 anos 585 mil toneladas (cerca de 120 mil toneladas por ano), sendo que o feijão mais exportado é o feijão carioca e feijões especiais, que juntos somam 573 mil toneladas em 5 anos. Os países que mais importam o feijão brasileiro são Vietnã, Egito e Índia (COMEX STAR, 2019).

Apesar da vocação brasileira para a produção de feijão, a produtividade média brasileira é baixa, e nos últimos cinco anos ficou em torno de 1.000 kg ha<sup>-1</sup>. Essa média é baixa quando comparamos com a média de alguns estados brasileiros como São Paulo e Goiás, que em 2019 obtiveram produtividade de 2.608 e 2.299 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente (IBGE, 2020).

O Paraná tem grande participação nacional na produção de feijão, sendo que em 2019 contribuiu com cerca de 22% do total produzido, resultado que coloca o estado como o segundo maior produtor do país. Entre os 20 maiores municípios produtores de feijão no Brasil, o Paraná conta com cinco municípios: Irati, Prudentópolis, Castro, Tibagi e Ivaí que juntos produziram aproximadamente 130.000 toneladas do grão, representando 20% da produção paranaense (IBGE, 2020).

Guarapuava também é um importante produtor de feijão, ficando em 82º colocado na produção nacional em 2019, com produção de cerca de 7.575 toneladas, em cerca de 3.900 hectares com produtividade média de 1.942 kg ha<sup>-1</sup>. Porém, se considerarmos a macro região de Guarapuava, que abrange municípios do entorno, são cultivados cerca de 31.000 hectares de feijão, produzindo mais de 43.000 toneladas do grão em 2019 (IBGE, 2020).

### **3.2. Características gerais da cultura**

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) pertence à família Fabaceae e pode possuir hábito de crescimento determinado ou indeterminado. A diferença entre os hábitos de crescimento é genotípica. As cultivares são divididas em sub-grupos segundo seu hábito de crescimento. Cultivares com hábito de crescimento do tipo I são caracterizadas por plantas eretas de porte baixo e hábito determinado, ou seja, o crescimento apical para de crescer após o florescimento (inflorescência terminal). Esse tipo de feijão é pouco utilizado no Brasil, pois possui inserção de vagens muito baixas, o que dificulta a colheita mecânica da cultura (HORN et al., 2000). Cultivares enquadradas nos tipos II e III são plantas de hábito indeterminado, e são caracterizadas por plantas semieretas (tipo II) e prostradas (tipo III). Nesses dois tipos de crescimento que se enquadram a maior parte das cultivares desenvolvidos e comercializados no Brasil. O feijão do tipo IV é caracterizado por planta de hábito indeterminado com crescimento contínuo e com poucos ramos laterais, do tipo trepador (GRAHAM e RANALLI, 1997; EMBRAPA, 2005).

O teor de proteína do grão do feijão varia de 20 a 30%. Além da proteína, o feijão também possui carboidratos tornando-se benéfico para a saúde. Assim, 100 g de feijão cozido tem de 7 a 8 g de proteína, valor que representa cerca de 15% da ingestão diária de proteínas recomendada para um adulto (NUNES, 2017).

Também existe variação genotípica em relação à coloração do tegumento e formato do grão, que varia do preto ao branco e passa também por tonalidades castanhas, avermelhadas e róseas. No Brasil os mais consumidos são o preto e o carioca. Quanto ao formato dos grãos, podem variar de arredondados pequenos a alongado, até feijões extremamente grandes (EMBRAPA, 2005). A vagem pode ter, dependendo da cultivar, diferentes formas e colorações. A cor da vagem pode ser uniforme ou apresentar estrias, e varia do verde, passando por vermelha, roxa, amarela, além de várias combinações com estrias.

### **3.3. Cultivares**

Atualmente o Brasil tem 358 cultivares comerciais de feijão registradas no Registro Nacional de Cultivares (RNC), em sua maioria desenvolvidas por entidades públicas como Embrapa, IAPAR, IAC e Universidades públicas. Porém são crescentes os investimentos em melhoramento de feijão da iniciativa privada, em que se destacam as empresas Agro Norte, SAKATA, FT Pesquisa Sementes e SYNGENTA (MAPA, 2019). A seguir estão

especificadas algumas das principais cultivares de feijão utilizadas atualmente.

### 3.3.1. BRS FC104

Experimentos de VCU realizados pela Embrapa com a cultivar BRS FC104 relataram produtividades variando de 1.438 a 2.474 kg ha<sup>-1</sup>. Além disso, a cultivar apresentou certo grau de resistência à ferrugem, porém grau moderado de suscetibilidade à antracnose (EMBRAPA, 2017).

A cultivar BRS FC104, do grupo do feijão cores (carioca), foi lançada em 2018 e possui registro para semeadura na maioria das regiões de cultivo brasileira. Apresenta característica de crescimento determinado do tipo I com porte baixo e ereto. O ciclo da emergência à colheita é muito precoce, de apenas 65 dias. Segundo a obtentora do material, nos estados do sul do Brasil, em São Paulo e no Mato Grosso do Sul a produtividade média oscilou entre 1.579 e 2.331 kg ha<sup>-1</sup> e a massa de mil grãos (MMG) ficou em torno de 250 g (EMBRAPA, 2017).

A cultivar apresenta resistência ao vírus do mosaico comum do feijoeiro e é moderadamente resistente à ferrugem. Apresenta suscetibilidade para mancha angular, vírus do mosaico dourado do feijoeiro e mancha de fusariose, e é moderadamente suscetível à antracnose.

Além disso, a cultivar BRS FC104 possui bom valor nutricional e coloração e tamanho de grão uniforme. O tempo de cozimento dos grãos da cultivar é de 37 minutos em média, e possui teores de proteína de cerca de 20,5%. A cultivar tem a característica de produzir grãos com teores de ferro 6% superiores a outras cultivares da mesma classe comercial (EMBRAPA, 2017).

### 3.3.2. BRS Esteio

Em condição experimental a cultivar de feijão preto BRS Esteio alcançou produtividade de 3.200 kg ha<sup>-1</sup> (LISBOA et al., 2018). Em experimentos de valor de cultivo e uso (VCU) com a mesma cultivar, pesquisadores obtiveram resultados de produtividade média de 2.549 kg ha<sup>-1</sup>, e constataram resistência a três raças do fungo causador de antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) e a *Fusarium oxysporum* (CHIORATO et al., 2015).

O feijão do grupo preto, BRS Esteio, foi lançado em 2013. É indicado para semeadura em grande parte do território brasileiro. Com relação ao hábito de crescimento, BRS Esteio

possui porte ereto e possui boa tolerância ao acamamento, sendo assim adaptado à colheita mecanizada. Possui resistência ao mosaico comum e moderada resistência à antracnose, porém é suscetível ao crestamento bacteriano. Possui ciclo da emergência à colheita de 85 a 94 dias. No Paraná possui potencial produtivo em torno de 4.700 kg ha<sup>-1</sup>, e a MMG oscila em torno de 240 g (EMBRAPA, 2014).

O tempo de cozimento dos grãos dessa cultivar é de cerca de 30 minutos, um pouco acima do tempo requerido por outras cultivares da mesma classe comercial. Para o teor de proteínas, BRS Esteio apresentou valor de 20,3%, valor pouco abaixo das testemunhas (EMBRAPA, 2014).

### 3.3.3. IPR Campos Gerais

A cultivar IPR Campos Gerais obteve bons resultados produtivos em condições experimentais e é adaptado para o cultivo no Paraná (IAPAR, 2019). Em experimentos conduzidos em Ponta Grossa, no Paraná, essa cultivar alcançou produtividades próximas a 3.000 kg ha<sup>-1</sup> (YAGI et al., 2015).

A cultivar IPR Campos Gerais pertence ao grupo do feijão cores (carioca). A cultivar tem adaptação para ser cultivado nos Estados do Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, São Paulo e Mato Grosso do Sul. Possui hábito de crescimento indeterminado do tipo II, com porte ereto. Apresenta resistência ao vírus do mosaico comum e ao oídio e apresenta resistência moderada à antracnose, porém é suscetível à mancha angular. Possui ciclo médio de 88 dias e potencial produtivo em torno de 4.000 kg ha<sup>-1</sup>. A MMG é em torno de 240 g (IAPAR, 2019).

Os grãos da IPR Campos Gerais possuem coloração bege clara e o tempo médio de cozimento é de 22 minutos. O teor de proteína de 19% está um pouco abaixo do teor de outras cultivares do mesmo grupo comercial.

### 3.3.4. TAA Dama

O feijão do grupo cores (carioca), TAA Dama, foi registrado em 2013 pela empresa Terra Alta Agropecuária, que recomenda seu cultivo nos Estados do Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, São Paulo e Mato Grosso do Sul. Possui hábito de crescimento indeterminado com característica prostrada (tipo III). Possui ciclo de 89 dias e tem MMG de 283 g (MAPA, 2019).

Estudos realizados em São Paulo com a cultivar TAA Dama mostraram tempo de cozimento médio de aproximadamente 12 minutos, o que representa um tempo curto e teor de proteína de 17,4% (NUNES, 2017).

### **3.4. Densidade de sementeira**

A densidade de sementeira é uma importante decisão de manejo na implantação da cultura do feijoeiro. As plantas de feijão são herbáceas com pouca lignificação, o que as torna suscetíveis ao acamamento e com isso dificulta o manejo de pragas e doenças e a colheita mecânica. As diversas regiões de cultivos possuem indicações de densidades de sementeira diferentes, que devem se adequar ao manejo. Regiões altas e frias promovem um maior crescimento vegetativo do feijão, assim essas regiões requerem densidades específicas.

O aumento da densidade de sementeira pode ter diversos efeitos sobre a produtividade. Experimentos mostram aumento de produtividade de feijão em densidades maiores, resultante do aumento da MMG e do aumento do número de grãos produzidos por área (ASEMANRAFAT e HONAR, 2017). O aumento da MMG e da densidade de sementeira e seu conseqüente aumento do número de grãos por área compensou a redução no número de vagens por planta e número de grãos por vagem. Porém, a MMG é característica de alta herdabilidade. Experimentos realizados mostraram diferenças de MMG apenas entre cultivares, sendo que a densidade de sementeira não afetou esse componente produtivo (SHIRTLIFFE e JOHNSTON, 2002; DIDONET e COSTA, 2004). Da mesma forma, pesquisadores observaram que o aumento de densidade de sementeira de 200 mil para 1 milhão de plantas por hectare aumentou a produção do número de grãos por área, mesmo com a redução do número de grãos por planta (SHIRTLIFFE e JOHNSTON, 2002). Outros experimentos mostraram que a MMG e número de grãos por vagem ficaram constantes em relação às diferentes densidades de sementeira testadas (SOUZA et al., 2014). A redução da MMG foi constatada com o incremento da densidade (cerca de 20% de incremento), e mesmo assim maiores produtividades foram alcançadas com densidades de sementeira maiores, visto que apesar da redução do número de legumes por planta o aumento da densidade compensou esses dois componentes produtivos (ARDAKANI et al., 2013).

Estudos conduzidos com duas cultivares de feijão e diferentes densidades de sementeira mostraram que houve interação entre cultivares e densidades, em que uma cultivar respondeu positivamente ao incremento da população enquanto outra não. Foi observado que em densidades mais baixas (100 mil plantas por hectare) não houve diferença no número de

grãos produzidos por área. Quando a densidade foi aumentada para 1 milhão de plantas por hectare ocorreu incremento no número de grãos produzidos por área para uma cultivar. Assim, estes autores concluíram que a produtividade (incremento de cerca de 51% em produtividade) do feijoeiro é influenciada pela produção de grãos por área e não pela MMG (SHIRTLIFFE e JOHNSTON, 2002).

Resultados distintos foram observados em relação à altura de planta e ao aumento da densidade de semeadura. Vários podem ser os fatores que interferem nessa variável, dentre eles o hábito de crescimento, clima e solo. Isso demonstra a plasticidade ou compensação existente entre os componentes do rendimento do feijoeiro (SOUZA et al., 2014). Nesse contexto, trabalhos mostram maiores alturas de plantas em densidades maiores (ASEMANRAFAT e HONAR, 2017). Em outros experimentos observou-se relação contrária, sendo que o aumento da densidade ocasionou redução no porte das plantas (JADOSKI et al., 2000). Alguns trabalhos ainda demonstram nenhuma relação entre densidade de semeadura e altura de planta, trabalhando com densidades que variaram de 100 a 500 mil plantas por hectare (HORN et al., 2000; SOUZA et al., 2003; WELU, 2015).

A Tabela 1 mostra resumidamente os efeitos da densidade de semeadura sobre parâmetros produtivos e de crescimento encontrados na literatura.

**Tabela 1.** Efeito do aumento da densidade de semeadura sobre produtividade (PROD), massa de mil grãos (MMG), número de grãos por área (NGM<sup>2</sup>), número de grãos por vagem (NGV), e altura de planta (AP) encontrados na revisão de literatura.

Autor(es)	Densidade Mil plantas ha <sup>-1</sup>	Prod. média (kg ha <sup>-1</sup> )	PROD	MMG	NGM <sup>2</sup>	NGV	AP
ASEMANRAFAT e HONAR, 2017	220 a 660	1.998	↑	↑	↑	↓	↑
SHIRTLIFFE e JOHNSTON, 2002	200 a 1.000	711*	↑	ns	↑	↓	-
DIDONET e COSTA, 2004	200 a 533	2.627*	ns	ns	-	-	-
SOUZA et al., 2014	100 a 400	2.719	ns	ns	ns	ns	ns
ARDAKANI et al., 2013	150 a 450	2.057	↑	↓	-	↓	-
JADOSKI et al., 2000	175 a 325	-	-	-	-	-	↓
HORN et al., 2000	100 a 500	1.056	ns	-	-	-	ns
WELU, 2015	100 a 500	-	-	-	-	-	ns

↑: Aumentou, ↓: Reduziu, ns: sem diferença estatística, -: não avaliado, \* média de duas cultivares.

Quando compararam efeitos do espaçamento entre linhas e componentes produtivos, pesquisadores concluíram que o feijão semeado em espaçamentos entre linhas maiores (de 0,3

para 0,5 m) aumentou produtividade, MMG, número de grãos por planta, número de vagens por planta, altura de planta e índice de colheita quando comparado a espaçamentos entre linhas menores (BABAEIAN et al., 2012).

Em estudos sobre interferência de plantas daninhas na cultura do feijão, pesquisadores obtiveram resultados semelhantes, ou seja, a produtividade do feijão aumentou com maior espaçamento entre linhas (espaçamento entre linhas de 0,45 para 0,6 m) (SCHOLTEN et al., 2011) e o aumento do espaçamento (de 0,25 para 0,75 m) aumentou a altura de inserção da primeira vagem (HORN et al., 2000).

Pesquisando a relação entre densidade de semeadura e doenças, experimentos com feijão mostraram aumento da incidência de *Sclerotinia sclerotiorum* em densidades mais altas (LIMA et al., 2019). Mesmo com o aumento da incidência desse fungo, o aumento da densidade resultou em aumento de produtividade e esse resultado foi ainda mais significativo com uso de cultivares resistentes à doença e adoção de manejo químico. Experimentos na área de fitopatologia mostraram efeito do aumento da densidade de semeadura no aumento da incidência de *Colletotrichum lindemuthianum* (GUIDOLIN et al., 1998).

### **3.5. Adaptação e crescimento da cultura**

O desafio para a pesquisa com feijão é harmonizar numa cultivar a adaptabilidade necessária para ser cultivada no máximo de ambientes possíveis, com alta produtividade. Os interesses e tecnologias de cultivo empregadas variam conforme as regiões. Para obter sucesso, a cultivar terá que ser adaptada ao maior número possível de ambientes, em todos os níveis tecnológicos e sofrer pouca influência das interações entre a cultivar e o ambiente (GRAHAM e RANALLI, 1997).

Estudos conduzidos por outros autores mostram efeitos deletérios de temperaturas altas (27 a 32 °C) na produção de pólen, número de flores e conseqüentemente no número de vagens. Quando o estresse térmico ocorre entre o desenvolvimento da parte reprodutiva e a antese, o número de vagens e o número de grãos produzidos diminuem (GROSS e KIGEL, 1994).

O desenvolvimento da planta é um dos fatores que indicam a interação entre a cultivar e o ambiente. Índices como o de área foliar e crescimento da planta muitas vezes validam dados de desempenho de uma cultivar. Estudos conduzidos com duas cultivares de feijão concluíram que a cultivar com maior produtividade apresentou o maior acúmulo de matéria seca e enchimento de grãos, isso comprova que o desenvolvimento da planta afeta seu

desempenho final (ANDRADE et al., 2009). Ao analisar a influência das folhas na produtividade do feijão, estudos evidenciaram que a maior disponibilidade de água juntamente com o ambiente de cultivo tem grande influência no aumento da espessura da folha (WHITE e MONTES-R, 2005).

Há diferenças entre cultivares para a sensibilidade ao déficit hídrico e observa-se alterações no ciclo da cultura, tal como antecipação do florescimento e da maturação. Certas cultivares podem reagir melhor a estresse abióticos, com menor redução na atividade fotossintética quando sob estresse (FRANÇA et al., 2000; ROSALES-SERNA et al., 2004).

Pesquisas que analisaram diferenças entre sistemas de semeadura destacaram que variáveis como índice de área foliar (IAF), taxa de assimilação líquida e taxa de crescimento podem influenciar o resultado na colheita (URCHEI et al., 2000).

Experimentos sobre o comportamento de diferentes cultivares não evidenciaram diferenças de massa seca total, porém constatou diferenças no IAF, no índice de colheita, na altura de plantas e na interceptação de radiação fotossinteticamente ativa. Essas variáveis tiveram correlação direta com a produtividade da cultura (ALMEIDA, 2016).

### **3.6. Produtividade**

A produtividade é a avaliação mais estável e conseqüentemente a variável com maior confiança para seleção de cultivares de feijão (LIMA et al., 2013). Os componentes que mais interferem na produtividade do feijão, são a MMG, o número de grãos por planta e o número de vagens por planta (OLIVEIRA et al., 2018). Além disso, foram comprovadas fortes correlações entre diâmetro do caule e altura de plantas com a produtividade (SOLTANI et al., 2016).

Características das cultivares como arquitetura de planta, MMG, produtividade e qualidade de grãos, corroboraram com ganhos significativos. Em relação à arquitetura de planta, com incrementos de produtividade de 2% ao ano e qualidade de grãos com incremento na produtividade de 2,4% ao ano (FARIA et al., 2013).

Sobre a divergência genética de cultivares de feijão, pesquisadores concluíram que a característica que mais variou em relação ao local de cultivo foi a MMG. Ao estudar produtividade e porte de planta, outros autores observaram perdas de produtividade quando selecionaram cultivares mais adaptadas à colheita mecânica (maior porte), assim concluíram que seria mais adequado selecionar cultivares por sua produtividade. Mesmo assim, há interesse em selecionar cultivares com duas ou mais características desejáveis

simultaneamente (COIMBRA et al., 1999; SILVA et al., 2012). Ao avaliar diferentes cultivares de feijão, estudos obtiveram resultados semelhantes para produtividade, MMG e número de vagens, porém constataram diferença nos índices de crescimento (ANDRADE et al., 2009).

O índice de colheita é um bom índice para a seleção de genótipos com elevado potencial produtivo (ARAÚJO e TEIXEIRA, 2012). Esse índice também teve correlação negativa com o porte de plantas (SILVA et al., 2012). Já a MMG pode não ter correlação com o índice de colheita, pois não há diferença entre a divisão de solutos entre plantas oriundas de sementes maiores e menores (PERIN et al., 2002).

Experimentos com seis cultivares mostram que o índice de colheita e o número de grãos por área são as características morfológicas que mais se correlacionam com a produtividade (ALMEIDA, 2016). Além disso, o melhoramento deve levar em consideração o hábito de crescimento das cultivares, uma vez que diferenças foram encontradas entre componentes de herdabilidade entre cultivares do tipo II e III (SOLTANI et al., 2016).

### **3.7. Pós-colheita**

O feijão pode ser encontrado em grande variedade de cores, tamanhos e formas, e essas características são buscadas por consumidores com gostos diversos e em diversas regiões do país. No Brasil, 79% do feijão comum consumido é do tipo cores (feijão carioca), que possui peculiaridades que podem afetar sua qualidade após a colheita (RIBEIRO et al., 2019).

Características qualitativas avaliadas visualmente ou por instrumentos estão associadas a características de cozimento do feijão. Quando consumidores escolhem uma marca comercial de feijão, baseiam-se em características sensoriais visuais de qualidade, em que procuram grãos recém-colhidos de coloração mais clara, pois a coloração tem relação com o tempo de cozimento, porém nutricionalmente o feijão possui as mesmas características (RIBEIRO et al., 2019).

Os fatores que afetam qualidade dos grãos durante o armazenamento são umidade e temperatura dos grãos, temperatura e umidade relativa do ar no ambiente de armazenagem, qualidade dos grãos logo após a colheita e presença de insetos. O controle desses fatores desencadeia menores taxas de atividade metabólica nos grãos durante o armazenamento, menor taxa respiratória, menor consumo de reservas de energia e conseqüentemente em melhores condições de conservação (FERREIRA et al., 2018 e DEMITO et al., 2019).

### 3.7.1. Coloração

O feijão carioca mostra alterações de coloração quando armazenado. Experimentos mostram que a coloração dos grãos está associada ao tempo de cozimento (RIBEIRO et al. 2019). No feijão carioca o escurecimento (avaliado 60 dias após a colheita) mostrou alta correlação com o maior tempo de cozimento ( $r = 0,69$ ) (ARAÚJO et al., 2012b). Observou-se também aumento no tempo de cozimento, correlacionado com os parâmetros de cromaticidade  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  no feijão carioca (SIQUEIRA, 2014).

O espaço de cor  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  segue a proposição de cores opostas, ou seja, duas cores não podem ser verdes e vermelhas, ou amarelas e azuis ao mesmo tempo. A cromaticidade  $L^*$  indica a luminosidade (entre preto e branco), a coordenada  $a^*$  varia entre o vermelho e verde e a cromaticidade  $b^*$  varia do amarelo ao azul. Um equipamento de medição faz a quantificação desses atributos de cor, quantificando os dados espectrais para determinar as coordenadas no espaço de cor  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  em termos numéricos (KONICA MINOLTA, 2019).

O efeito de tempo, umidade dos grãos e temperatura de armazenagem afetam o escurecimento do tegumento, sendo que esse ocorreu de forma mais acelerada e intensa quando os grãos foram armazenados em temperaturas mais altas (28 e 36 °C) comparados a condições refrigeradas (12 e 20 °C). A umidade mais alta dos grãos armazenados também afetou negativamente valores de  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ . As maiores diferenças na coloração do tegumento ocorreram para as variáveis  $L^*$  e  $a^*$  após 160 dias de armazenagem e para a variável  $b^*$  aos 80 dias. Condições de armazenagem em temperaturas mais elevadas, com umidade elevada dos grãos, afetaram o valor comercial do feijão após o tempo de armazenagem (DEMITO et al., 2019).

As cultivares possuem diferentes comportamentos quanto a sua coloração pós-colheita (RIBEIRO et al., 2019) e após armazenados (SILOCHI et al., 2016). Atualmente, busca-se em programas de melhoramento cultivares que atendam requisitos de coloração tanto na avaliação pós-colheita, como a manutenção da coloração após períodos de armazenamento.

Existem diferentes fenômenos de escurecimento pós-colheita entre as cultivares. O escurecimento pós-colheita em algumas cultivares pode ocorrer predominantemente devido à atividade da polifenoloxidase, enquanto em outros há combinação de oxidação enzimática e não enzimática. A suscetibilidade das cultivares ao escurecimento pós-colheita não está relacionada à espessura do tegumento, mas sim ao constituinte fenólico e à atividade da polifenoloxidase. Diferenças quantitativas de compostos fenólicos disponíveis para reações de oxidação são fatores importantes, entretanto, o tipo de reação de oxidação, enzimática ou não

enzimática, e os produtos formados afetarão a cor final do grão (SIQUEIRA et al., 2016).

### **3.8. Teor de Proteína**

Por conter alto teor de proteína, minerais e fibras o feijão é em muitos locais consumido em substituição à carne, principalmente em países subdesenvolvidos e em desenvolvimento (CELMELI et al., 2018). Entretanto, nos últimos 20 anos, os benefícios do feijão foram compreendidos e devido à sua importância proteica, composição mineral e de vitaminas, o consumo também aumentou nos países desenvolvidos (LUCIER et al., 2000). No Brasil o consumo de feijão está ligado à cultura e à tradição da população, sendo também base da alimentação, principalmente na população de baixa renda. Sob o ponto de vista nutricional, o consumo de feijão é vantajoso, uma vez que contém valor proteico alto, além de conter lisina que exerce efeito complementar às proteínas de cereais como o arroz, base da alimentação do brasileiro. Por outro lado, o feijão traz consigo alguns assuntos importantes a serem pesquisados, como a baixa digestibilidade das proteínas, a deficiência em aminoácidos sulfurados, a presença de fatores antinutricionais e a baixa disponibilidade de minerais (RIOS et al., 2003).

O teor de proteína está fortemente ligado ao genótipo de feijão. Experimentos realizados com diferentes cultivares mostram diferenças no teor de proteína de feijão (RIOS et al., 2003; BARROS e PRUDENCIO, 2016; ARNS et al., 2018). Também existem diferenças entre raças selvagens de feijão e cultivares modernas. Raças selvagens demonstram valores diversos, sendo alguns muito baixos de cerca de 16,5%. Já para cultivares modernas, os valores de teor de proteína se mostraram mais constantes, variando entre cerca de 20 a 24% (CELMELI et al., 2018).

Experimentos mostram que em condições de deficiência hídrica o teor de proteínas aumentou, provavelmente ocasionado pela relação de amido e proteína do grão, ou seja, a planta reduz a produção de amido e conseqüentemente a proporção de proteína nos grãos aumenta (ASEMANRAFAT e HONAR, 2017). Condições de estresse hídrico podem ocasionar problemas na síntese de amido, e conseqüentemente aumentarem o teor de proteína nos grãos. Estes autores também não evidenciaram diferenças entre densidades de semeadura, assim, o teor de proteínas foi considerado característica intrínseca da cultivar.

## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1. Local do experimento

O experimento foi conduzido no campo experimental da Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária – FAPA, em Entre Rios, município de Guarapuava-PR, (latitude 25°32'S, longitude 51°29'O e altitude de 1.100 m). O clima é temperado de altitude, Cfb, segundo a classificação de Köppen (PEEL et al., 2007).

O solo da área é um Latossolo bruno, com textura argilosa (FONTOURA et al., 2019), com teores de: Al:  $<0,05 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ; H + Al:  $6,53 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ; matéria orgânica:  $56,2 \text{ g dm}^{-3}$ ; P:  $21,2 \text{ mg dm}^{-3}$ ; Ca:  $4,33 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ; Mg:  $1,92 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ; K:  $0,72 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ; CTC:  $13,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ; V%: 52% e pH em  $\text{CaCl}_2$ : 5,0, na camada de 0 a 20 cm.

Os dados climáticos foram obtidos da estação meteorológica do Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR), distante cerca de 850 m do local do experimento.

A área está sob sistema de semeadura direta consolidada, com histórico de altas produtividades nas safras de inverno e verão. O talhão segue rotação de culturas de 30% de milho e 70% de soja no verão e cevada, trigo e aveia no inverno. A cultura antecessora do cultivo do feijão foi a cevada no inverno e o milho no verão.

### 4.2. Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso em esquema de parcela subdividida, sendo que a parcela principal foi composta por cinco densidades, e a sub parcela composta por quatro cultivares em três blocos (repetições).

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade pelo teste de BoxCox, à análise de variância (cultivar) e regressão linear e quadrática (densidade). Em caso de significância do teste de regressão, utilizou-se o modelo com maior coeficiente de determinação ( $r^2$ ). Além disso, submeteram-se os dados ao teste de Pearson, para evidenciar correlações entre as variáveis avaliadas.

Os valores foram comparados com 5% de probabilidade, utilizando o teste de Tukey pelo software SAS.

### **4.3. Material experimental**

Foram utilizadas quatro cultivares de feijão, sendo uma cultivar de feijão preto: BRS Esteio, e três cultivares de feijão cores: BRS FC104, IPR Campos Gerais e TAA Dama. As cultivares de feijão foram escolhidas por serem comumente utilizadas pelos produtores na região sul do Brasil. As sementes foram obtidas junto às instituições obtentoras do material genético e tratadas com fungicida (Carbendazin 52 g 100 kg<sup>-1</sup> semente, Tiran 122 g 100 kg<sup>-1</sup> semente, Piraclostrobina 4 g 100 kg<sup>-1</sup> semente, Tiofanato Metílico 34 g 100 kg<sup>-1</sup> semente e inseticida (Fipronil 37 g 100 kg<sup>-1</sup> semente).

### **4.4. Semeadura e manejo da cultura**

A semeadura foi realizada no dia 14 de dezembro de 2018, dentro do zoneamento agrícola da cultura para a região, com 5 densidades de semeadura (150, 200, 250, 300, 350 mil plantas ha<sup>-1</sup>) e 4 cultivares de feijão. As diferentes densidades foram obtidas corrigindo-se o valor de germinação das sementes e o número necessário de sementes por metro foi acrescido em 30%, para posteriormente ser corrigido por raleio. A semeadura e a adubação de base foram realizadas com auxílio de semeadora de parcelas marca SHM 15/17.

As quantidades de adubo foram calculadas seguindo a análise de solo segundo recomendações da FAPA (FONTOURA et al., 2015). Para isso foi utilizado adubo mineral NPK totalizando 25 kg ha<sup>-1</sup> de N, 90 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 60 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, além de 55 kg ha<sup>-1</sup> de N aplicados em cobertura.

O espaçamento entre linhas utilizado foi de 0,40 m, com parcelas de 4 linhas com 4 m de comprimento e área útil de 6,4 m<sup>2</sup> e 3 repetições (blocos).

O manejo de plantas daninhas, pragas e doenças foi realizado com base nos acompanhamentos semanais do experimento e posterior manejo químico. A condução das parcelas foi realizada com sanidade adequada para que a cultura expressasse seu máximo potencial produtivo.

### **4.5. Avaliações**

Durante o desenvolvimento da cultura, as plantas foram coletadas em quatro estádios para avaliar componentes de crescimento, desenvolvimento e componentes produtivos. Essas coletas ocorreram no estágio R5 no dia 26 de janeiro de 2019, aos 36 dias após a emergência

(DAE). Em R6/R7 no dia 09 de fevereiro de 2019, aos 50 DAE. No estágio R8 no dia 23 de fevereiro de 2019, aos 64 DAE. A última coleta ocorreu em R9 no dia 09 de março de 2019, aos 78 DAE (EMBRAPA, 2018). A determinação do estágio de crescimento foi feita tomando como base a cultivar BRS Esteio, pois essa possui ciclo médio entre as cultivares avaliadas. As coletas foram feitas por área, coletando-se as plantas de 0,35 m das duas linhas centrais da parcela, totalizando uma área amostrada de 0,28 m<sup>2</sup>.

Para os dados de densidade, considerou-se a cultivar TAA Dama na densidade de 350 mil plantas por hectare como tratamento perdido devido a erros que ocorreram na semeadura do experimento.

#### 4.5.1. Quantificação da massa seca total por área (MST)

As coletas para quantificação de MST foram feitas em área de 0,28 m<sup>2</sup> nas parcelas destrutivas implantadas especificamente para essas coletas. Foram amostradas folhas, hastes e vagens, secas em estufas de aeração forçada a 70 °C até massa constante. Posteriormente, as amostras foram pesadas e o valor obtido foi convertido para unidade gramas por metro quadrado.

#### 4.5.2. Quantificação do índice de área foliar (IAF)

A área foliar foi quantificada com o auxílio de integrador foliar de bancada (LICOR, modelo LI 3000, EUA). Foram amostradas cerca de 3.000 cm<sup>2</sup> de folhas em cada parcela. Posteriormente as amostras foram secas em estufa de aeração forçada a 70 °C até massa constante. Com base na massa seca e na área foliar das amostras avaliadas e da densidade de semeadura, determinou-se o IAF.

#### 4.5.3. Altura de planta (AP)

A determinação da altura de plantas foi realizada com a mesma amostra de MST e IAF. Foi medida a partir da altura da inserção do solo até o último nó produtivo. Através da média de altura de todas as plantas obteve-se a altura média do tratamento, em centímetros.

#### 4.5.4. Quantificação produtividade e componentes produtivos

As variáveis número de vagens por planta, número de vagens por área, número de grãos por vagem e número de grãos por área foram determinadas na coleta que ocorreu em R9. Nessa coleta foram contadas as vagens por planta e o total de vagens na amostra.

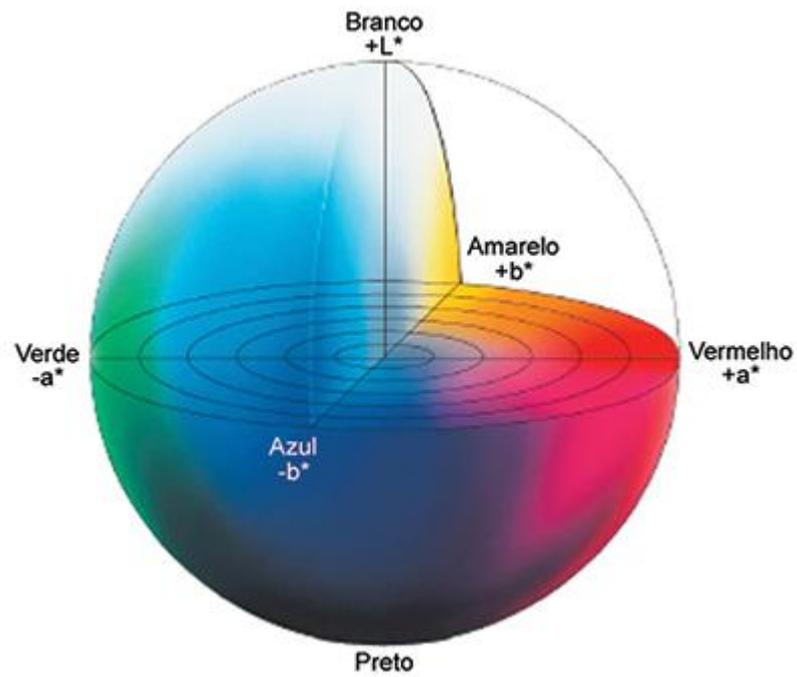
Colheu-se toda a parcela (quatro linhas de 4 m), totalizando 6,4 m<sup>2</sup> de área por parcela. A produtividade final e MMG foram determinadas através da pesagem dos grãos obtidos na área útil da parcela e a umidade corrigida para 13%. Com os dados da colheita mecânica (peso da parcela e MMG) estipulou-se o número de grãos por vagem e o número de grãos por área, relacionando o número de grãos da parcela pelo número de vagens e área.

#### 4.5.5. Determinação de coloração – Cromaticidade L\*, a\* e b\*

Após a colheita, secagem e limpeza dos grãos, amostras de aproximadamente 1 kg de cada tratamento foram separadas em embalagens de papel para a análise de características pós-colheita. Essas amostras foram utilizadas para determinação e duração de cor. Para isso foram feitas leituras de cromaticidades L\*, a\* e b\* (Figura 1) com auxílio de equipamento calorímetro (Konica Minolta modelo CR – 410). De cada tratamento foram feitas duas leituras, e a média dessas leituras compôs a coloração do tratamento. Foram feitas leituras aos 30, 90 e 180 dias após a colheita (DAC). Nesse intervalo, as amostras ficaram acondicionadas nas embalagens de papel simulando reais condições de armazenamento.

#### 4.5.6. Determinação do teor de proteínas

As mesmas amostras foram utilizadas para determinação do teor de proteína. Essa determinação foi estipulada por método de espectroscopia no infravermelho próximo – NIR (*Near Infrared Spectroscopy*), (Foss Modelo Infratec 1241 Grain Analyser - Dinamarca).



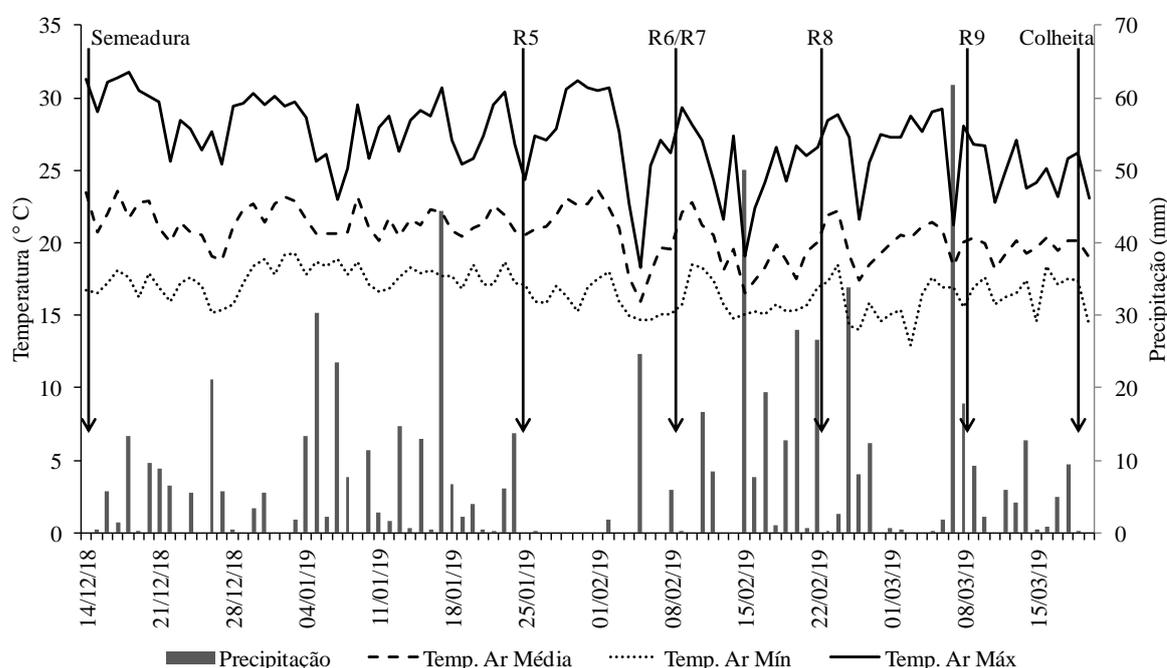
**Figura 1.** Espaço de cor, cromaticidade  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  medidas com calorímetro, Guarapuava-PR. Adaptado de (KONIKA MINOLTA, 2019).

#### 4.5.6. Determinação do teor de proteínas

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. Dados climáticos

Os dados de precipitação, temperaturas máxima, média e mínima estão evidenciados na Figura 2.



**Figura 2.** Dados meteorológicos de temperatura e precipitação e datas de semeadura, coletas aos 36, 50, 64 e 78 DAE e colheita entre dezembro de 2018 e março de 2019, disponíveis na estação do Simepar em Entre Rios, Guarapuava-PR.

As condições climáticas foram favoráveis durante o ciclo de desenvolvimento da cultura, sendo que dois dias após a semeadura (14 de dezembro) ocorreram precipitações que favoreceram emergência rápida e uniforme. Entre a semeadura e a colheita a precipitação acumulada foi de 683,4 mm, o que equivale a uma média de cerca de 7 mm por dia. O período crítico de deficiência de água no feijoeiro ocorre entre R5 (pré-florescimento) e R8 (enchimento das vagens), nessa fase a cultura necessita entre 4,8 e 6 mm de água por dia (EMBRAPA, 2018). No experimento, esses estádios ocorreram aproximadamente entre 35 DAE (25 de janeiro) e 66 DAE (25 de fevereiro), período no qual não houve deficiência hídrica. Nesse período, a precipitação registrada foi cerca de 240 mm, representando uma lâmina diária disponível de 7,5 mm, favorecendo o potencial produtivo do feijão.

A temperatura ideal para o desenvolvimento do feijão é em torno de 20 a 22 °C, sendo que temperaturas superiores a 24 °C durante o florescimento e desenvolvimento dos legumes podem prejudicar o potencial produtivo (MALUF et al., 2001). A temperatura basal inferior do feijão é de 10 °C e a basal superior de 35 °C (MARIOT, 1976). Os dados da estação meteorológica mostram que as temperaturas médias variaram de cerca de 15 a 24 °C. Durante o florescimento e desenvolvimento das vagens, entre 46 DAE (05 de fevereiro) e 66 DAE (25 de fevereiro), respectivamente, as temperaturas médias ficaram entre 16 e 23 °C, sendo adequadas ao desenvolvimento da cultura.

Os dados meteorológicos mostram que o ambiente de estudo apresenta condições favoráveis para o desenvolvimento da cultura. O clima juntamente com boas condições de fertilidade apresentadas no material e métodos se enquadra em região de alta produtividade.

## **5.2. Produtividade e componentes produtivos**

Os dados de produtividade mostram que houve efeito de cultivar e densidade, porém sem interação entre esses dois fatores principais (Tabela 2). A mesma condição foi observada para o número de grãos por área (NGM<sup>2</sup>). Já para a massa de mil grãos (MMG), número de vagens por área (NVM<sup>2</sup>) e número de grãos por vagem (NGV) a diferença foi observada apenas entre as cultivares, sem diferença entre as densidades.

Os dados também apresentam valores de coeficiente de variação (CV%) baixos, mostrando que o experimento e as coletas foram realizados de forma satisfatória.

Os dados mostram elevado potencial produtivo para todas as cultivares de feijão, com média de produtividade do experimento de 3.572 kg ha<sup>-1</sup>. A cultivar BRS Esteio apresentou a maior produtividade, com 3.750,2 kg ha<sup>-1</sup>, e a cultivar IPR Campos Gerais o menor potencial produtivo (3.352,6 kg ha<sup>-1</sup>), representando uma diferença significativa de 11,86% (Figura 3A). Já as cultivares BRS FC104 e TAA Dama, não diferem entre si e das demais cultivares, obtendo produtividades intermediárias.

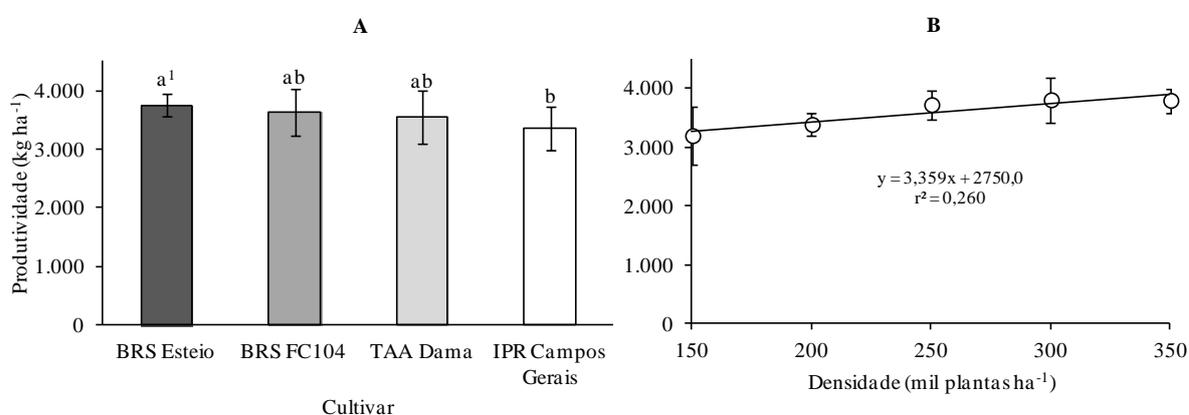
A cultivar BRS FC104, apesar de possuir ciclo precoce, conseguiu expressar uma boa produtividade, isso conota que as condições do ambiente foram satisfatórias nessa safra. Para todas as cultivares o ambiente de estudo possibilitou a expressão de um alto potencial produtivo, com valores muito superiores aos encontrados na literatura (Tabela 1).

Resultados semelhantes foram encontrados por pesquisadores, que mostram produtividades superiores da cultivar BRS Esteio em comparação com outras cultivares (CHIORATO et al., 2015 e PEREIRA et al., 2013).

**Tabela 2.** Valor-*p* da análise de variância (ANOVA) e regressão (L: linear; Q: quadrática) para produtividade, massa de mil grãos (MMG), número de grãos por área (NGM<sup>2</sup>), número de vagens por área (NVM<sup>2</sup>), número de grãos por vagem (NGV) e número de grãos por planta (NGP), e de 4 cultivares (C) e 5 densidades de semeadura (D), em Guarapuava-PR.

Variável / Tratamento	Produtividade kg ha <sup>-1</sup>	MMG g	NGM <sup>2</sup> n° m <sup>-2</sup>	NVM <sup>2</sup> n° m <sup>-2</sup>	NGV n° vag <sup>-1</sup>	NGP <sup>+</sup> n° pl <sup>-1</sup>
Cultivar (C)	<b>0,020</b>	<b>&lt;0,0001</b>	<b>&lt;0,0001</b>	<b>0,019</b>	<b>0,0004</b>	0,435
Densidades (D)	<b>0,0002</b>	0,966	<b>&lt;0,0001</b>	0,307	0,396	<b>0,007</b>
CxD	0,072	0,161	0,074	0,513	0,602	0,224
Regressão (L)	<b>&lt;0,0001</b>	0,337	<b>&lt;0,0001</b>	0,960	0,068	<b>0,0006</b>
Regressão (Q)	0,151	0,473	0,439	0,449	0,742	<b>0,034</b>
Média Geral	3.572,1	261,9	1.369,8	362,8	3,9	261,9
CV%	9,26	3,32	8,37	18,7	21,2	26,8

<sup>+</sup> Dados transformados pela equação 1/x



**Figura 3.** Produtividades de feijão de 4 cultivares (A) e regressão entre 4 cultivares e 5 densidades (B) em Guarapuava-PR.

<sup>1</sup>Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey. Barras verticais mostram o erro padrão.

Os valores de produtividade também variaram nas diferentes densidades (Figura 3B). Os dados mostram incremento linear de produtividade com o aumento da densidade de plantas. O máximo valor de produtividade não foi alcançado com as densidades testadas, porém pelo teste de regressão a maior produtividade de 3.926 kg ha<sup>-1</sup> encontra-se na densidade de 350 mil plantas por hectare. Com o aumento da densidade de semeadura na ordem de 133%, passando de 150 para 350 mil plantas por hectare a produtividade aumentou cerca de 20%, passando de 3.254 para 3.926 kg ha<sup>-1</sup>.

Resultados semelhantes foram encontrados em experimentos, com duas cultivares de feijão em diversos ambientes. Nesses mesmos experimentos foi observado o aumento de produtividade com o incremento da densidade, porém não se conseguiu determinar densidade biológica ótima, uma vez que com o aumento da densidade também aumentou a incidência de *Solanum sarrachoides* e *Sclerotinia sclerotiorum*. Quando calcularam o máximo retorno financeiro, populações próximas de 250 mil plantas por hectare demonstraram os melhores resultados (SHIRTLIFFE e JOHNSTON 2002). Densidades de feijão de até 300 mil plantas por hectare promoveram a maior produtividade, pois nessa densidade o feijão apresentou maiores taxas de assimilação líquida, taxa de crescimento da cultura, taxa de crescimento relativo e massa seca total (SILVA et al., 2012).

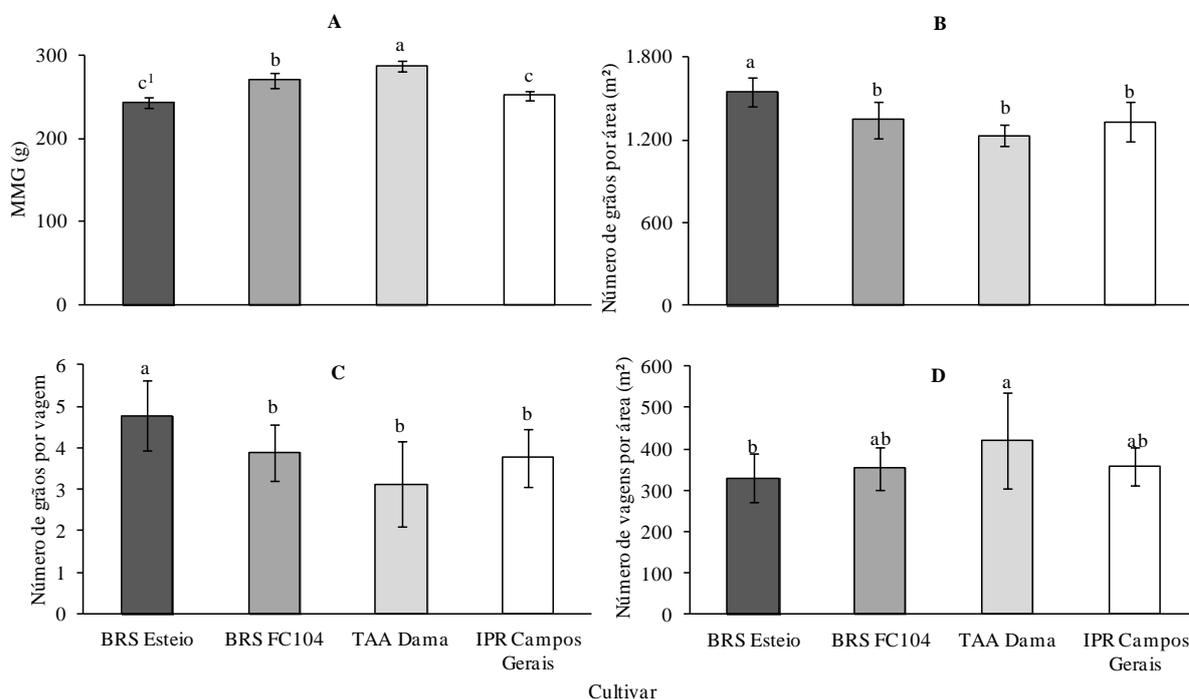
Ao analisar os componentes produtivos, pode se observar que a MMG difere apenas entre as cultivares, sendo que a densidade de semeadura não afetou esse componente (Tabela 2). Apesar dessa característica ser um importante fator na determinação da produtividade de muitas culturas, no feijão a MMG parece não ser o mais importante. Além disso, a MMG é fortemente influenciada pelo genótipo (OLIVEIRA et al., 2018; SOUZA et al., 2003; ALMEIDA, 2016). Experimentos realizados com doses de nitrogênio mostram que a MMG é uma característica genética, porém pode ser alterado (elevado) com a aplicação do nitrogênio (NUNES, 2017).

A cultivar que atingiu as maiores produtividades (BRS Esteio) possui o menor valor de MMG, se equivalendo estatisticamente com a cultivar IPR Campos Gerais, que expressou o menor potencial produtivo (Figura 4A). Isso corrobora a hipótese de que a MMG não é o fator mais importante na determinação de produtividade do feijoeiro.

Experimentos conduzidos em diferentes locais também não relataram diferenças da MMG com a variação da densidade de semeadura (SILVA et al., 2012; SOUZA et al., 2003; SOUZA et al., 2014). Porém o aumento da MMG foi constatado quando se aumentou o espaçamento entre as linhas de cultivo de 0,3 para 0,5 m. O incremento na MMG foi de aproximadamente 10 g, diferindo entre os tratamentos de espaçamento entre linhas (BABAEIAN et al., 2012).

Além da MMG, componentes produtivos como o  $NGM^2$ ,  $NVM^2$  e  $NGV$  são importantes indicadores da composição produtiva das plantas (Figura 4B, 4D e 4C). Ao analisar  $NVM^2$ , constata-se que essa variável se comporta de forma semelhante à MMG, ou seja, apesar de ser componente importante na definição da produtividade, parece não ser o principal. Pode-se observar que a cultivar mais produtiva não apresenta os maiores valores de  $NVM^2$ , com valores que se assemelham estatisticamente ao segundo e ao último colocado. Os

maiores valores dessa variável foram obtidos pela TAA Dama, que produziu 420,5 vagens m<sup>-2</sup>. Essa característica pode ser explicada em partes pelo hábito de crescimento da TAA Dama, que é a única do tipo II/III, ou seja, uma cultivar de crescimento indeterminado, e com características de maior crescimento. Mesmo assim, a grande contagem de vagens por área da TAA Dama não foi suficiente para alavancar sua produtividade.



**Figura 4.** Massa de mil grãos (MMG) (A), e número de grãos por área (B), número de grãos por vagem (C) e número de vagens por área (D), em 4 cultivares de feijão em Guarapuava-PR.

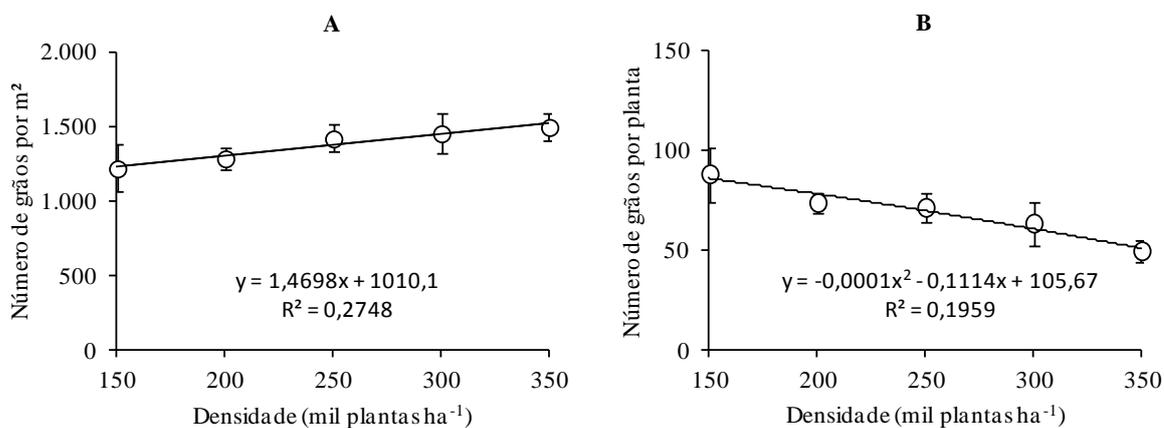
<sup>1</sup>Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey. Barras verticais mostram o erro padrão.

Ao analisar o NVM<sup>2</sup> em diferentes densidades observamos que não ocorrem diferenças estatísticas (Tabela 2). Característica também observada em experimentos de diferentes densidades de feijão, que não evidenciaram diferenças nas contagens de vagens em populações variando de 200 a 400 mil plantas por hectare. Essa característica pode ser atribuída a grande plasticidade do feijoeiro, ou seja, a planta ajusta seu potencial de produção de vagens, de forma com que consiga suprir a necessidade com a produção de fotoassimilados (SILVA et al., 2012).

O NGV juntamente com o NVM<sup>2</sup> são responsáveis pelo incremento do NGM<sup>2</sup>, juntos representam grande parte da composição produtiva do feijoeiro. Analisando os dados de NGV

e NGM<sup>2</sup> da cultivar BRS Esteio (Figura 4C e 4B), observa-se que esses fatores fazem com que a cultivar consiga expressar o alto potencial produtivo (Figura 3A). BRS Esteio difere estatisticamente das demais cultivares, produzindo cerca de 33% mais NGV do que a média das outras cultivares. Além disso, essa cultivar produz 18,5% mais grãos por área do que a média dos outros três materiais, demonstrando superioridade produtiva. O valor de NGP não foi influenciado pela cultivar, apenas pela densidade.

Também pode-se observar a relação entre NGM<sup>2</sup> e NGP em função da densidade de semeadura (Figura 5A e 5B). Apesar de ocorrer redução do número de grãos produzidos por planta, o aumento do número de plantas por área compensa essa perda. Assim, a redução do NGP é de cerca de 78%, passando de 88,1 grãos produzidos por planta na densidade de 150 mil plantas por hectare para 49,5 na densidade maior. Essa redução é expressiva, porém compensada pelo aumento do número de plantas, que aumentam cerca de 133%, passando de 150 para 350 mil plantas por hectare. Com isso, o NGM<sup>2</sup> aumenta cerca de 23%, passando de aproximadamente 1.220 para 1.500 grãos produzidos por m<sup>2</sup>, entre as densidades de 150 e 350 mil plantas por hectare, respectivamente. Esse incremento do NGM<sup>2</sup> foi o principal responsável pelo incremento de produtividade nas densidades mais elevadas.



**Figura 5.** Regressão entre densidade e número de grãos produzidos por área (A) e densidade e número de grãos produzidos por planta (B) de 4 cultivares de feijão em Guarapuava-PR.

Barras verticais mostram o erro padrão.

A correlação entre os componentes produtivos mostra a relação positiva entre NGM<sup>2</sup> e a produtividade, sendo que o aumento da produção de grãos por área explica cerca de 86% do incremento da produtividade (Tabela 3). Além disso, o NGV também apresenta correlação

positiva com a produtividade, na ordem de 47%.

Experimentos mostram padrões semelhantes, em que o NGV não foi influenciado pela densidade (densidades entre 100 e 400 mil plantas por hectare) (SOUZA et al., 2003). Outras pesquisas também não observaram diferença no NGV entre as densidades de 200 e 400 mil plantas por hectare (SILVA et al., 2012; SOUZA et al., 2014). A densidade de 300 mil plantas por hectare produziu o maior número de grão por área, resultando em maior produtividade final (SILVA et al., 2012). Resultados semelhantes foram encontrados em experimentos de densidade de cultivo sendo que houve incremento na produtividade com o aumento da densidade, ocasionada pelo aumento no número de grãos produzidos por área, passando de 1.198 grãos por m<sup>2</sup> na densidade de 220 mil plantas por hectare para 1.674 grãos produzidos por m<sup>2</sup> na densidade de 660 mil plantas por hectare. Isso resultou em incremento de 786 kg ha<sup>-1</sup>, diferindo estatisticamente entre essas populações (ASEMANRAFAT e HONAR, 2017).

**Tabela 3.** Correlação entre produtividade e componentes de produtivos em 4 cultivares e 5 densidades de semeadura em Guarapuava-PR.

	PROD	MMG	NGM <sup>2</sup>	NVM <sup>2</sup>	NGV
PROD	1,0				
MMG	0,087 <sup>1</sup> 0,512 <sup>2</sup>	1,0			
NGM <sup>2</sup>	0,859 <b>&lt;0,0001</b>	-0,430 <b>0,0008</b>	1,0		
NVM <sup>2</sup>	0,001 0,995	0,299 <b>0,024</b>	-0,158 0,240	1,0	
NGV	0,468 <b>0,0002</b>	-0,411 <b>0,0015</b>	-0,825 <b>&lt;0,0001</b>	0,641 <b>&lt;0,0001</b>	1,0

PROD: Produtividade (kg ha<sup>-1</sup>); MMG: Massa de mil grãos (g); NVM<sup>2</sup>: Número de vagens por área (n° m<sup>-2</sup>); NGM<sup>2</sup>: Número de grãos por área (n° m<sup>-2</sup>); NGV: Número de grãos por vagem.

<sup>1</sup> Correlação; <sup>2</sup> significância (*p*) da correlação

### 5.3. Análise de crescimento

Os dados de crescimento mostram que a altura de planta (AP) é influenciada tanto pela cultivar quanto pela densidade, havendo interação significativa a partir dos 50 DAE (Tabela 4). Já para valores de massa seca total por área (MST) e índice de área foliar (IAF) as diferenças se concentram mais entre as cultivares, ocorrendo interação entre os tratamentos mais para o final do ciclo da cultura.

**Tabela 4.** Valor-*p* da análise de variância (ANOVA) para cultivar, densidades e interação cultivar/densidade nas variáveis altura de planta (AP), massa seca total por área (MST) e índice de área foliar (IAF), em Guarapuava-PR.

Variável/Tratamento	AP	MST	IAF
	cm	g m <sup>-2</sup>	
<b>Cultivar (C)</b>			
36 DAE	0,072	<b>0,023</b>	<b>0,010</b>
50 DAE	<b>&lt;0,0001</b>	0,073	<b>&lt;0,0001</b>
64 DAE	<b>&lt;0,0001</b>	<b>0,030</b>	<b>&lt;0,0001</b>
78 DAE	<b>&lt;0,0001</b>	<b>0,004</b>	<b>&lt;0,0001</b> <sup>+</sup>
<b>Densidades (D)</b>			
36 DAE	<b>0,037</b>	0,433	0,164
50 DAE	0,080	0,100	0,335
64 DAE	<b>0,034</b>	0,195	0,354
78 DAE	<b>0,039</b>	0,086	<b>&lt;0,0001</b> <sup>+</sup>
<b>CxD</b>			
36 DAE	0,158	0,773	0,626
50 DAE	<b>0,017</b>	0,529	0,555
64 DAE	<b>0,003</b>	0,051	<b>0,035</b>
78 DAE	<b>0,011</b>	<b>0,044</b>	<b>&lt;0,0001</b> <sup>+</sup>

<sup>+</sup> Dados transformados pela equação  $1/x$ .

Quando analisamos a AP dentro das cultivares, observamos que a altura do dossel de plantas se eleva até os 64 DAE, e após esse estágio de crescimento a altura das plantas reduz (Figura 6). Esse fato também foi observado em experimentos com cultivares, sendo que esse fenômeno de redução da estatura foi atribuído à pouca adaptação da cultivar a uma determinada região (BLACKSHAW et al., 1999).

Na primeira coleta aos 36 DAE, não houve diferença entre as cultivares, sendo que a altura média do feijão ficou em 55,7 cm. Características semelhantes foram encontradas em pesquisas com diferentes densidades de feijão, na qual diferenças de altura de plantas foram encontradas somente após 49 DAE (JADOSKI et al., 2000).

Aos 36 DAE, a tendência da AP é crescente com o aumento da densidade (Figura 6). Densidades maiores nos estádios iniciais proporcionaram maior crescimento das plantas, porém com o passar do tempo, essa característica é perdida (JADOSKI et al., 2000).

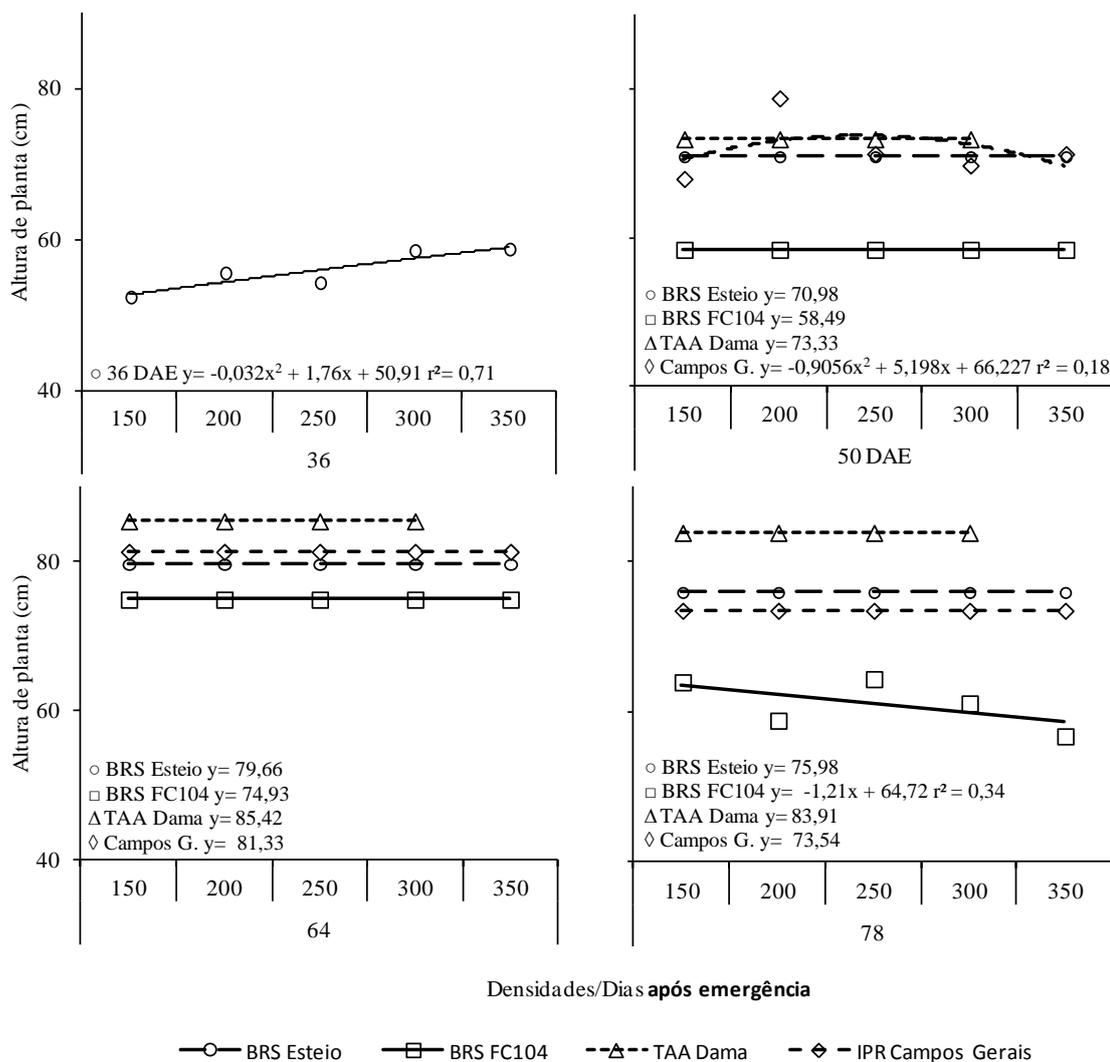
Ocorreu interação entre cultivar e densidades na coleta dos 50 DAE, em que a menor estatura da cultivar BRS FC104 foi observada e essa diferença é mantida até a última coleta (Figura 6). Por outro lado, nessa mesma coleta, pode-se verificar que a cultivar TAA Dama e BRS Esteio apresentaram comportamento semelhante, fato não observado nas coletas aos 64 e 78 DAE, quando a cultivar TAA Dama apresentou maior tamanho em relação às demais. As cultivares BRS Esteio e IPR Campos Gerais apresentam comportamentos semelhantes nas

coletas dos 64 e 78 DAE, com valores intermediários de AP. Para a cultivar IPR Campos Gerais na coleta dos 50 DAE, foi significativa na regressão quadrática com AP máxima na densidade de 287 mil plantas por hectare.

Na coleta realizada aos 64 DAE as cultivares apresentaram comportamento semelhante em relação ao aumento da densidade, porém com diferenças entre as cultivares. Os maiores valores de AP foram observados na cultivar TAA Dama e as menores médias para BRS FC104. As cultivares BRS Esteio e IPR campos Gerais apresentaram valores intermediários, com AP um pouco mais elevadas para a cultivar IPR Campos Gerais. Já na coleta dos 78 DAE, TAA Dama, BRS Esteio e IPR Campos Gerais não sofreram alterações com o aumento das densidades. Mesmo assim, a cultivar TAA Dama apresentou os maiores valores de AP, já BRS Esteio e IPR Campos Gerais apresentaram valores semelhantes e intermediários a TAA Dama e BRS FC104. Nessa mesma coleta a cultivar BRS FC104 apresentou comportamento linear decrescente, sendo que a AP reduziu de 63,51 cm para 58,67 cm ante as densidades de 150 a 350 mil plantas por hectare.

Resultados semelhantes foram encontrados em experimentos realizados com diferentes densidades de semeadura, em que em densidades menores o crescimento do feijão também foi menor (ASEMANRAFAT e HONAR, 2017). A redução do tamanho de plantas foi encontrada nas maiores populações (400 mil plantas por hectare) (SOUZA et al., 2008). A redução no tamanho das plantas em densidades maiores (após o início do enchimento de vagens) ocorre pela competição entre o crescimento vegetativo e o desenvolvimento dos órgãos reprodutivos. Nessa fase, a planta deixa de translocar fotoassimilados para o crescimento e passa a priorizar a produção das sementes (JADOSKI et al., 2000).

Esse fato pode ser explicado pelo hábito de crescimento dessas cultivares. O material BRS FC104, apresenta hábito de crescimento do tipo I, em que o crescimento da planta cessa ao final do florescimento, com uma inflorescência apical. Esse tipo de planta possui a característica de menor porte (ereto), característica comprovada pelos resultados de AP. A cultivar TAA Dama, possui característica de crescimento do tipo II/III, ou seja, variando de porte semiereto para porte prostrado, apresentando maior altura de planta. As cultivares BRS Esteio e IPR Campos Gerais são do tipo II, com porte ereto e crescimento intermediário (EMBRAPA, 2018). Experimentos correlacionando hábito de crescimento e componentes produtivos, mostram diferenças estatísticas no tamanho das plantas de feijão, em que plantas com tipo de crescimento II tem altura de planta menor que plantas do tipo III (SOLTANI et al., 2016).



**Figura 6.** Regressão entre densidade e altura de planta aos 36 DAE de 4 cultivares de feijão e interação entre 4 cultivares e 5 densidades para a variável altura de planta aos 50, 64 e 78 dias após a emergência em Guarapuava-PR.

Ocorreu diferença de MST entre cultivares aos 36, 64 e interação entre cultivar e densidade aos 78 DAE (Figura 7). As cultivares BRS Esteio e IPR Campos Gerais apresentaram os maiores valores de MST e se diferiram da cultivar TAA Dama na coleta realizada aos 36 DAE (Figura 7A). Na coleta realizada aos 64 DAE a cultivar BRS Esteio apresentou maiores valores de MST, diferindo de IPR Campos Gerais. Já as cultivares TAA Dama e BRS FC 104 apresentaram valores intermediários.

Valores elevados de MST da BRS Esteio podem ter resultado na alta produtividade alcançada por esse material. Experimentos trabalhando com cultivares de feijão em

Guarapuava-PR constataram forte correlação entre a MST e produtividade, sendo que a MST demonstra o acúmulo de fotoassimilados pela planta (ALMEIDA, 2016). A produtividade também é correlacionada a massa seca de plantas (SILVA et al., 2012) e um maior diâmetro da haste e maior altura de plantas de feijão (SOLTANI et al., 2016).

Apesar dos altos valores de MST da cultivar TAA Dama e baixos da BRS FC104, essas diferenças podem ser explicadas em parte pelo hábito de crescimento. A cultivar TAA Dama tende a translocar mais assimilados para o crescimento, pois tem a característica genética de porte mais alto e prostrado. Já a cultivar BRS FC104 é oposta ao TAA Dama, por ter hábito de crescimento do tipo I. A cultivar IPR Campos Gerais apresentou os menores valores de MST na coleta realizada aos 64 DAE, já aos 78 DAE apresentou valores de MST equivalentes aos valores da BRS FC104 (Figura 7B). Isso pode explicar em partes seus piores resultados de produtividade, pois apesar de apresentar hábito de crescimento do tipo II, consegue acumular massa seca nas mesmas proporções de uma cultivar do tipo I. Na coleta aos 78 DAE a cultivar TAA Dama obteve os maiores valores de MST, demonstrando seu hábito de crescimento do tipo II/III, já a cultivar BRS Esteio obteve valores intermediários.

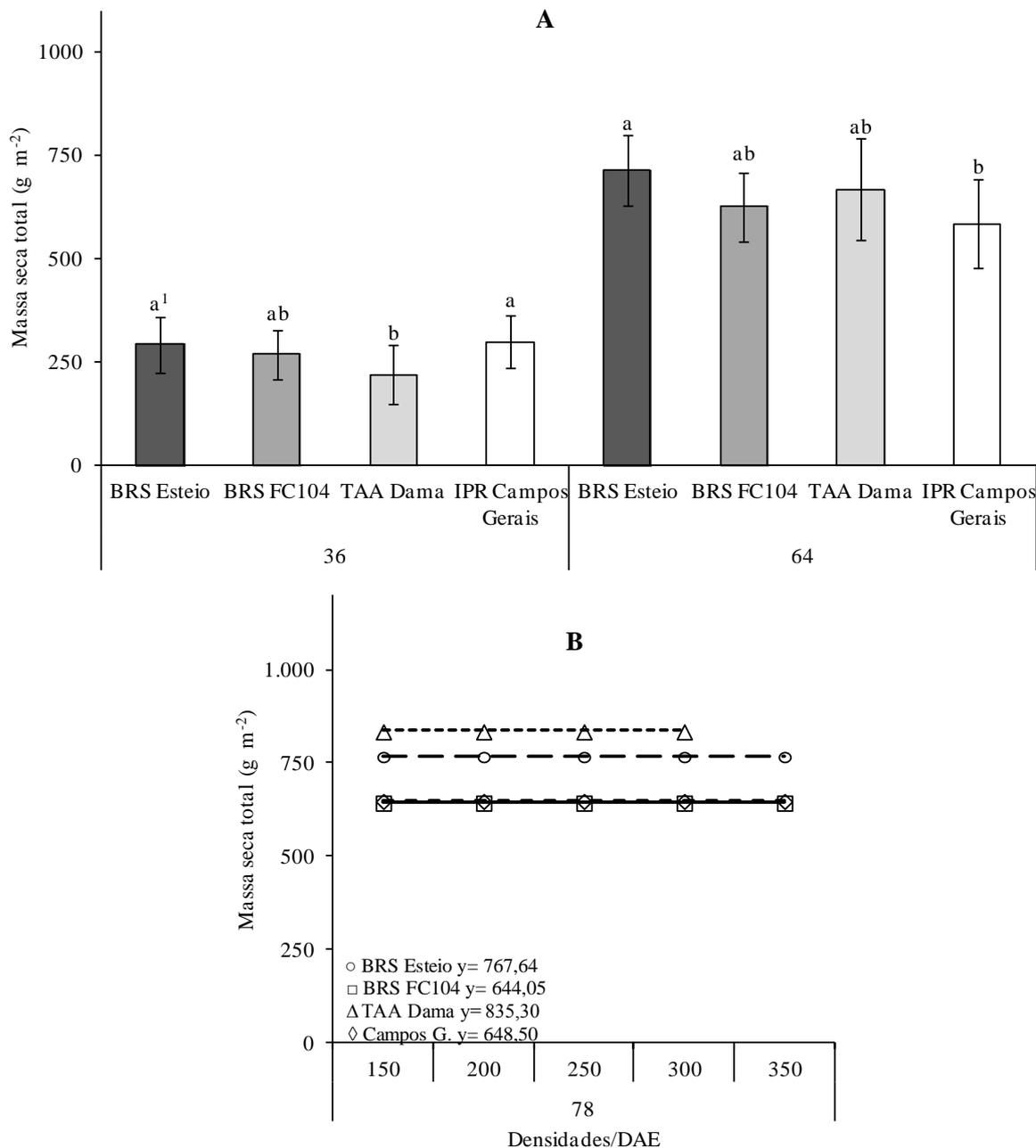
Ao analisar os resultados da influência da interação entre cultivar e densidade de semeadura sobre a MST, observa-se que ocorrem diferenças entre as cultivares (Figura 7B). A cultivar TAA Dama apresentou os maiores valores de MST e BRS FC104 e IPR Campos Gerais com os menores valores e semelhantes. A cultivar BRS Esteio apresentou valor de MST intermediário.

Experimentos mostram incrementos de massa seca em densidades mais elevadas e diferenças entre densidades entre 30 e 50 DAE, porém após esse período a diferença não foi mais observada. Esse incremento na biomassa nas fases iniciais e em densidades mais elevadas ocorre pela maior taxa de interceptação de luz e taxa de crescimento. Todavia essa vantagem competitiva reduz com o passar do tempo, tendendo a um comportamento mais equilibrado (SILVA et al., 2012).

Outros trabalhos mostram que o incremento na massa seca total do feijão ocorreu até os 75 DAE, todavia, maiores valores de massa seca foram observados em densidades maiores somente até os 30 DAE, sendo que aos 75 DAE não foram encontradas diferenças entre a massa seca da maior e a menor densidade (densidades variando de 200 e 500 mil plantas por hectare). Isso ocorre pela capacidade do feijão de se adaptar ao arranjo de plantas e a taxa de sombreamento causada pelas altas populações e não permitir maior taxa de assimilação líquida e conseqüente aumento de massa seca total (JAUER et al., 2003). Outra explicação provável da redução do acúmulo de biomassa em densidades maiores, é a maior competição

das plantas por luz, água e nutrientes (SHIMADA et al., 2000).

Os dados de IAF apresentaram diferenças estatísticas entre cultivares nas coletas aos 36 e 50 DAE, sendo que o efeito de densidade pode ser comprovado pela interação entre cultivar e densidades aos 64 e 78 DAE.



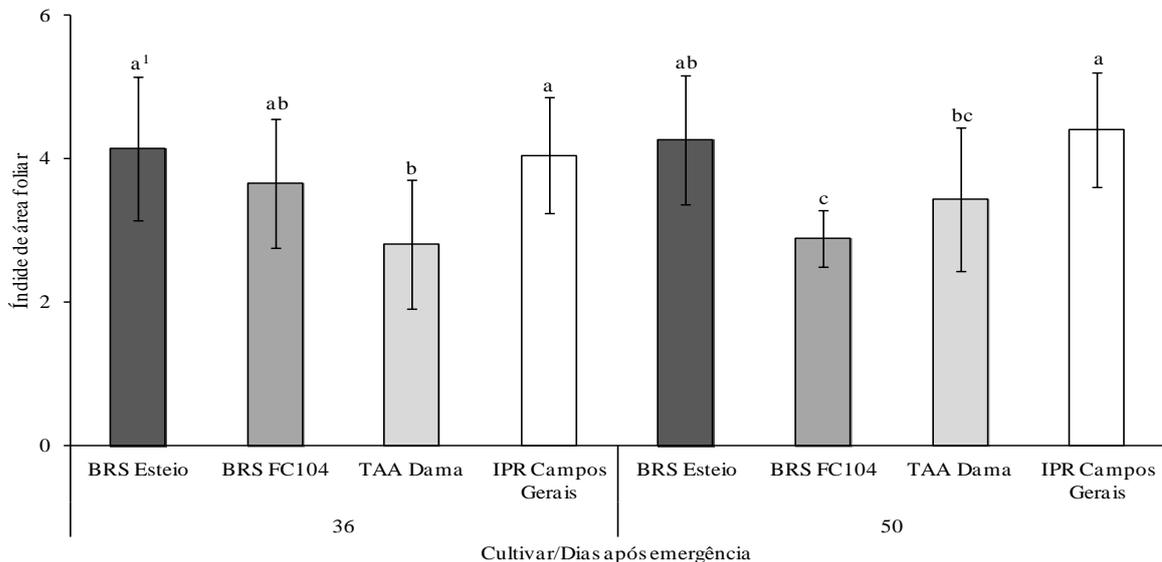
**Figura 7.** Massa seca total por área de 4 cultivares de feijão aos 36 e 64 DAE (A) e interação entre 4 cultivares e 5 densidades para a variável massa seca total por área aos 78 DAE (B) em Guarapuava-PR.

<sup>1</sup>Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey

Na coleta realizada aos 36 DAE BRS Esteio e IPR Campos Gerais apresentaram os maiores valores de IAF e a cultivar TAA Dama apresentou os menores valores (Figura 8). Na coleta realizada aos 50 DAE a cultivar IPR Campos Gerais novamente apresentou os maiores valores e BRS FC104 apresentou os menores. BRS Esteio e TAA Dama apresentaram valores intermediários.

Experimentos com diferentes cultivares de feijão mostram que os maiores valores de IAF foram aos 60 e 45 DAE, respectivamente. Os valores encontrados variaram de 3,3 a 5,4 nas coletas realizadas em R7, aos 60 DAE em experimentos em Guarapuava-PR (ALMEIDA, 2016 e ANDRADE et al., 2009).

Ocorreu interação entre cultivares e densidades nas coletas dos 64 e 78 DAE (Figura 9). Na coleta aos 64 DAE a cultivar BRS Esteio, TAA Dama e IPR Campos Gerais apresentaram comportamento semelhante em relação ao aumento de densidade, com valores superiores de BRS Esteio e TAA Dama e intermediários de IPR Campos Gerais. A cultivar BRS FC104 apresentou comportamento quadrático, com ponto de máximo IAF na densidade de 268 mil plantas por hectare.



**Figura 8.** Índice de área foliar de 4 cultivares de feijão aos 36 e 50 DAE em Guarapuava-PR.

<sup>1</sup>Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey. Barras verticais mostram o erro padrão

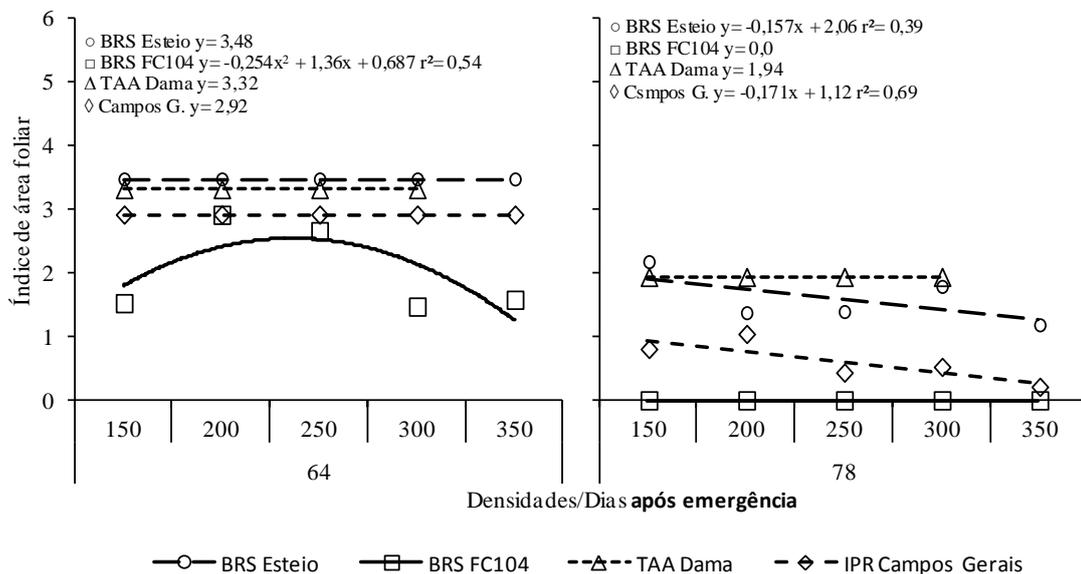
Na coleta realizada aos 78 DAE, a cultivar BRS FC 104 apresentou os menores valores de IAF. A cultivar TAA Dama não sofreu alterações nos valores de IAF com o aumento da densidade, mostrando os maiores valores de IAF nessa coleta. Já BRS Esteio e

IPR Campos Gerais mostraram redução linear nos valores de IAF com o aumento da densidade na ordem de 1,90 para 1,27 no BRS Esteio, e de 0,95 para 0,26 na cultivar IPR Campos Gerais, da densidade de 150 para 350 mil plantas por hectare.

Analisando o contexto, se observa superioridade e longevidade de área foliar do BRS Esteio, o que resultou em maior fotossíntese e conseqüente produtividade. O material BRS FC104 apresentou valores mais baixos de IAF, principalmente após a coleta dos 50 DAE, porém esse material demonstra grande eficiência na conversão fotossintética, pois mesmo com valores menores de IAF apresentou valores intermediários de produtividade. Já a cultivar TAA Dama se caracteriza por elevação de IAF mais tardia, caracterizado pelo seu ciclo e hábito de crescimento. Os valores de IAF do TAA Dama foram os mais elevados apenas na coleta dos 78 DAE, colocando esse material em equivalência produtiva à BRS FC104. Analisando o comportamento foliar da IPR Campos Gerais, encontram-se semelhanças com o BRS Esteio, demonstrando o mesmo hábito de crescimento destes materiais (tipo II). Porém, a eficiência fotossintética da IPR Campos Gerias ou a translocação de fotoassimilados para os grãos foi inferior aos demais, pois mesmo apresentando os maiores valores de IAF, essa superioridade não foi convertida em produção.

Pesquisas com densidades de feijão afirmam que o incremento do IAF até o início do enchimento de grãos ocorreu pelo aumento do número de folhas e expansão do limbo foliar. Após atingir este estágio, ocorre redução da emissão de folhas novas e aumento da senescência de folhas velhas, diminuindo o IAF. O maior valor de IAF ocorre quando se atinge 100% de cobertura do solo para todas as densidades (JAUER et al., 2003).

Experimentos com o uso de sensores para definir índices de vegetação da cultura do feijão evidenciaram correlação positiva entre o IAF e a produtividade (MONTEIRO et al., 2013). A medição da área foliar indica a quantidade da radiação que é interceptada pelo dossel e passível de ser transformada em energia disponível para a planta. Assim, um alto IAF pode representar maior acúmulo de massa seca e mais energia disponível para a formação de estruturas reprodutivas (TAIZ e ZEIGER, 2013).



**Figura 9.** Interação entre 4 cultivares e 5 densidades para a variável índice de área foliar aos 64 e 78 dias após a emergência em Guarapuava-PR.

#### 5.4. Análise de pós-colheita

Os dados de qualidade pós-colheita mostram que a cultivar tem grande influência tanto no teor de proteína bruta como nos padrões de coloração e a densidade de semeadura não afetou o padrão de qualidade do feijão (Tabela 5).

Houve diferença no teor de proteína bruta (PB) no grão entre as cultivares analisadas, sendo que a cultivar TAA Dama apresentou os maiores valores de proteína e a BRS FC104 os menores (Figura 10A).

Experimentos com raças de feijão nativas e cultivares comerciais concluíram que há diferenças entre cultivares, sendo que os valores de PB variaram de 16,5 a 25,2%, e que o feijão domesticado possui proteína em níveis médios mais elevados e com maior estabilidade (CELMELI et al., 2018). Pesquisas sobre o efeito de nitrogênio em componentes de qualidade de feijão demonstraram diferenças nos valores de PB entre cultivares. Em experimentos conduzidos com as cultivares TAA Dama e IPR Campos Gerais, estas não diferiram entre si, e apresentaram médias de proteína bruta de 17,4 e 16,0%, respectivamente. Porém os teores de proteínas encontrados nessa pesquisa estavam abaixo dos valores encontrados em outros trabalhos científicos (NUNES, 2017). Experimentos analisando sete cultivares de feijão verificaram diferentes teores de proteína entre as cultivares, sendo que o menor valor encontrado foi de cerca de 22% e o maior foi de cerca de 25% de proteína (BARROS e PRUDENCIO, 2016).

**Tabela 5.** Valor-*p* da análise de variância (ANOVA) para cultivar, densidades, dias após a colheita (DAC) e interação cultivar/densidade/DAC, nas variáveis proteína bruta (PB), cromaticidade (L\*), cromaticidade (a\*) e cromaticidade (b\*), em Guarapuava-PR.

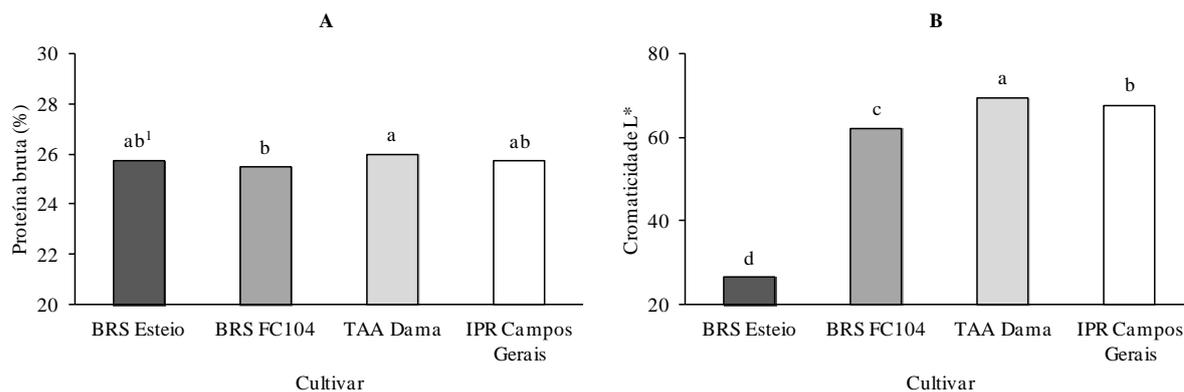
Variável	PB	L*	a* <sup>+</sup>	b* <sup>++</sup>
	%			
<b>Cultivar (C)</b>	<b>0,021</b>	<b>&lt;0,0001</b>	<b>&lt;0,0001</b>	<b>&lt;0,0001</b>
<b>Densidades (D)</b>	0,908	0,821	0,633	0,368
DAC	-	0,071	<b>&lt;0,0001</b>	<b>&lt;0,0001</b>
C x DAC	-	0,622	<b>&lt;0,0001</b>	0,380
D x DAC	-	0,450	0,766	0,916
C x D	0,904	0,081	0,485	0,452
C x D x DAC	-	0,975	0,374	0,798

<sup>+</sup> Dados transformados pelo teste não paramétrico de Friedman. <sup>++</sup> apenas para o feijão cores

Os valores de L\* variam de 0 a 100, em que L\*0 é a cor preta e L\*100 é a cor branca. Ao avaliar os dados de cromaticidade L\*, observou-se diferença entre as cultivares (Figura 10B). A BRS Esteio é uma cultivar de feijão preto que, conforme esperado, diferiu estatisticamente das demais. Entre os feijões do grupo cores, observa-se que a cultivar TAA Dama apresenta os maiores valores de L\*, seguido da IPR Campos Gerais e BRS FC104. O L\* da BRS FC104 foi 11,9% menor ao da TAA Dama e 9,2% inferiores à IPR Campos Gerais. Conclui-se que o material BRS FC104 tem tonalidade mais escura do que TAA Dama e IPR Campos Gerais. Ao analisar as preferências de consumidores de feijão cores, pesquisas constataram que cerca de 60% dos consumidores observam a coloração dos grãos ao adquirir o produto. Os valores de L\* da amostra de preferência dos consumidores apresentou os maiores valores (L\* = 53,3), demonstrado a preferência por grãos de feijão com colorações mais claras. Além da coloração, cerca de 35% dos consumidores também consideram tamanho e formato do grão para escolha de feijão (RIBEIRO et al., 2019).

Experimentos conduzidos para avaliar o efeito do tempo de armazenamento de feijão constataram que o valor de L\* reduziu com maior intensidade em amostras de feijão armazenadas com umidade inicial mais elevada e em temperatura de armazenamento de 28 e 36 °C. O escurecimento mais acentuado ocorreu 160 dias após o armazenamento. Amostras armazenadas a 12 °C praticamente não sofreram alterações nos valores de L\*, mesmo após um período de armazenagem de 240 dias (DEMITO et al., 2018). Para o melhoramento genético, o melhor genótipo entre os escolhidos continha o maior valor de L\* e sem alteração desse componente mesmo em período de armazenamento de 180 dias. Além disso, essa

cultivar apresentou estabilidade desse parâmetro durante os dois anos em que foi avaliado, tamanho de grão médio e cozimento rápido (ARNS et al., 2018).



**Figura 10.** Teor de proteína bruta (%) (A) e cromaticidade L\* (B) de 4 cultivares de feijão e 5 densidades em Guarapuava-PR.

<sup>1</sup>Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey.

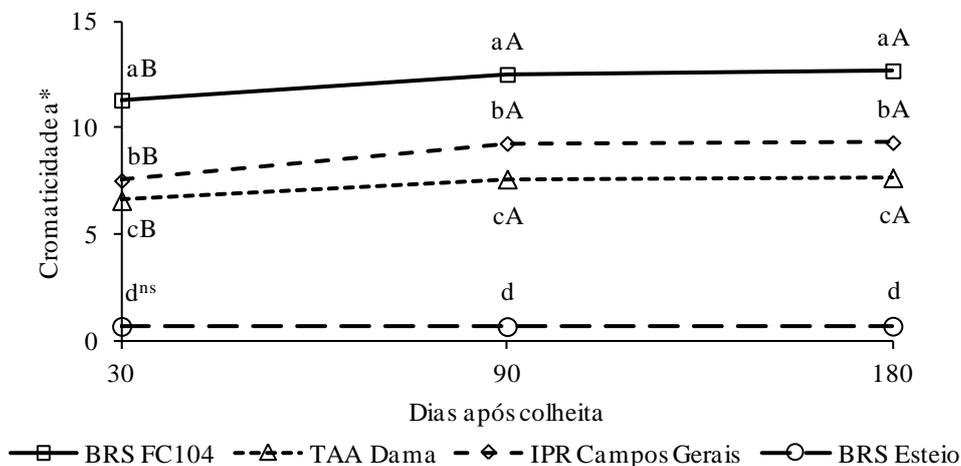
A coloração L\* do feijão logo após a colheita diferiu do feijão armazenado (SIQUEIRA et al., 2016). Valores de L\* maiores que 53 (de preferência L\* maior que 55) possuem maior valor comercial, e esse parâmetro pode ser utilizado para o melhoramento genético de cultivares, pois trata-se de um critério de seleção rápido e com alta exatidão (RIBEIRO et al., 2008).

Os dados de cromaticidade a\*, sofreram alteração com a passagem de tempo de armazenagem. Analisando os valores de a\* entre as cultivares, observa-se diferenças entre as cultivares (Figura 11). O valor de a\* varia de -60 até +60. Valores negativos de a\* indicam coloração verde e valores positivos coloração vermelha. Assim, o espaço de cor a\* é a variação entre a cor verde e vermelha de uma determinada amostra.

Ao analisar a expressão gênica do valor de a\*, observa-se que todos as cultivares têm valores positivos, indicando que expressam uma tonalidade mais próxima do vermelho. Assim como nos valores de L\*, a cultivar BRS Esteio, diferiu das demais, o que já era esperado, pois faz parte do grupo do feijão preto.

Para as demais cultivares ocorreram diferenças nos valores de a\*, sendo que o BRS FC104 apresentou os maiores valores, diferindo das demais. A cultivar IPR Campos Gerais apresentou os valores de a\* intermediários e TAA Dama apresentou os menores valores no grupo do feijão cores, sendo que todas as cultivares diferiram entre si. Valores superiores da BRS FC104 indicam que a cultivar apresenta uma tonalidade de vermelho mais intenso e escuro.

Analisando a variação de  $a^*$  ao longo do período de armazenamento, é possível verificar que os valores da cultivar BRS Esteio não sofreram alterações (Figura 11). A estabilidade de coloração do feijão preto é sua grande vantagem, apesar disso, a importância das corretas condições de armazenagem é essencial, pois grãos mal armazenados ficam suscetíveis ao ataque de fungos e bactérias, que podem aumentar níveis de micotoxinas, além de interferir em componentes nutricionais do feijão (FERREIRA et al., 2018).



**Figura 11.** Interação entre 4 cultivares e 3 coletas em pós colheita para a variável cromaticidade  $a^*$  em Guarapuava-PR.

<sup>1</sup>Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey.

Letras maiúsculas indicam diferença entre as coletas pelo teste de Tukey a 5% de significância

Letras minúsculas indicam diferença da cultivar dentro de DAC pelo teste de Tukey a 5% de significância

As demais cultivares de feijão cores sofreram alterações em sua coloração  $a^*$  já aos 90 DAC, diferindo nos valores observados aos 30 DAC. Nesse sentido, a cultivar TAA Dama aumentou seus valores em cerca de 15% entre 30 e 90 DAC. Já a cultivar IPR Campos Gerais e BRS FC104 aumentaram os valores de  $a^*$  em cerca de 24% e 11%, respectivamente. Entre 90 e 180 DAC não se alterou a coloração nas cultivares de feijão.

Experimentos com pós colheita de feijão constatarem que os valores de cromaticidade  $a^*$  sofreram as maiores alterações durante o armazenamento, variando entre 43% e 77%, dependendo da cultivar, sendo que as cultivares com tonalidades mais escuras (identificadas na cromaticidade  $L^*$ ) também apresentaram maiores valores de  $a^*$ , sendo esse componente importante fator a ser analisado no melhoramento genético do feijão (SIQUEIRA et al., 2016). Esse fenômeno também pode ser constatado no presente trabalho, no qual, com

exceção do feijão preto, a cultivar BRS FC104 apresentou os menores valores de  $L^*$  (mais escuro) e também os maiores valores de  $a^*$ .

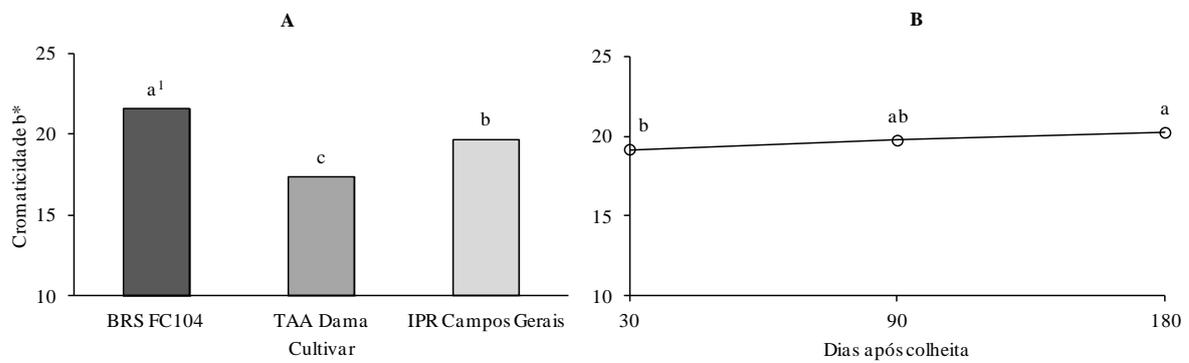
Outros autores também observaram a relação entre os valores de  $L^*$  e  $a^*$  em feijão fava, e concluíram que com o incremento do tempo de armazenagem o feijão adquire uma tonalidade “*darker reddish-brown*”, ou seja, marrom avermelhado mais escuro (NASSAR-ABBAS et al., 2009). Experimentos atribuíram essa coloração avermelhada a elevada concentração de antocianinas no tegumento do feijão (DÍAZ et al., 2010). Já a armazenagem em temperaturas menores (12 e 20 °C) e com umidade dos grãos mais baixas (13,8%) pouco afetou os valores de  $a^*$ , sendo que nessas condições de armazenagem a alteração nos valores de  $a^*$  foram verificadas apenas aos 240 DAC (DEMITO et al., 2019).

Assim como nos dados de cromaticidade  $a^*$ , os dados de cromaticidade  $b^*$  sofreram alterações com a passagem de tempo de armazenagem. Analisando os valores de  $b^*$  entre as cultivares, observa-se respostas variadas conforme a expressão genética (Figura 12A).

O valor de  $b^*$  varia de  $b^* -60$  até  $b^* +60$ . Valores negativos de  $b^*$  indicam coloração azul e valores positivos coloração amarela. Assim, o espaço de cor  $b^*$  é a variação entre a cor azul e amarela de uma determinada amostra.

Estão compilados apenas os valores dos feijões cores, isso ocorre, pois os valores de  $b^*$  para o BRS Esteio são negativos, e mesmo com a transformação dos dados não se conseguiu a normalidade dos dados. Entre os feijões cores se observa valores diferentes entre as cultivares, sendo que a BRS FC104 possui os maiores valores, a IPR Campos Gerais possui valores intermediários e a TAA Dama apresentou os menores valores, sendo que as três cultivares diferem ente si. Também se observa que os valores são positivos representando uma coloração variando para tonalidades amarelas. A cultivar BRS FC104 apresentou valores de  $b^*$  cerca de 10% superiores à IPR Campos Gerais e cerca de 24% superiores à TAA Dama, destacando coloração amarela mais intensa.

As alterações de cromaticidade  $b^*$  ao longo do tempo de armazenagem mostram que houve aumento nos valores com o passar do tempo (Figura 12B). Aos 90 DAC, resultados de todos as cultivares apresentaram valores intermediários de  $b^*$  em relação às medições realizadas aos 30 DAC. Nas leituras de  $b^*$  realizadas aos 180 DAC, os valores mais elevados de  $b^*$  diferiram da medição feita aos 30 DAC. Neste contexto, o valor de  $b^*$  aumentaram cerca de 5,5% entre as coletas realizadas aos 30 DAC e 180 DAC, demonstrando que o efeito do tempo de armazenagem foi maior para  $a^*$  do que para  $b^*$ .



**Figura 12.** Cromaticidade b\* de três cultivares de feijão (A) e cromaticidade b\* de três cultivares de feijão aos 30, 90 e 180 dias após a colheita (B) em Guarapuava-PR.

<sup>1</sup>Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey.

Esse comportamento também foi evidenciado por pesquisas com tempo de armazenamento que constataram que a cultivar que apresentou as maiores variações de a\* também apresentou maior elevação nos valores de b\*. Isso foi atribuído a maior presença de pigmentação amarela e à baixa presença de antocianinas e taninos (SIQUEIRA et al., 2016; DÍAZ et al., 2010). Padrões buscados para b\* devem ficar situados em torno de  $b^* \leq 16$ , caracterizando uma coloração levemente amarelada (ARNS et al., 2018). No experimento a cultivar TAA Dama possui os melhores valores (mais baixos) para a cromaticidade b\*, com média de 17,4.

Os resultados de cromaticidade mostram que a cultivar de feijão preto tem coloração mais estável após 180 dias de armazenamento, peculiaridade intrínseca de feijões desse grupo. Dentro do grupo do feijão cores, a TAA Dama apresentou os melhores valores de L\*, a\* e b\*. Resultados inferiores de cromaticidade foram encontrados para a BRS FC104, pois escureceu de forma mais acentuada com tons vermelhos e amarelos mais intensos.

Para os dados de armazenagem pós colheita, constatou-se menor variação nos valores de L\*, a\* e b\* em relação a dados existentes em outros trabalhos. Isso pode ser explicado pela condição de armazenamento das amostras, que estavam com baixa umidade (média de umidade das amostras foi 12,5%) e ficaram armazenadas em local fresco, protegidos da luz.

## 6. CONCLUSÕES

Os componentes produtivos com maior relação com a produtividade do feijão são o número de grãos produzidos por área, resultado do número de grãos produzidos por vagem, sendo que a BRS Esteio apresentou maior produtividade. Já os valores de MMG e o número de vagens produzidas por área apresentaram menor influência na composição produtiva do feijão.

O número de grãos produzidos por planta e o número de grãos produzidos por área são inversamente proporcionais e são afetados pela densidade de semeadura. As maiores produtividades foram alcançadas com as maiores densidades de semeadura, sendo que houve um incremento de cerca de 20% na produtividade com o aumento de 150 para 350 mil plantas por hectare.

A altura de planta é uma característica da cultivar, mas é afetada pela densidade. O índice de área foliar e o valor de massa seca total por área são características genéticas, porém também são influenciadas pela densidade de semeadura e demonstram a capacidade de adaptação e plasticidade do feijão, sendo que a cultivar mais produtiva alcançou os maiores valores dessas variáveis.

A cultivar de feijão preto BRS Esteio e de feijão cores TAA Dama apresentam as melhores características de coloração e duração de cor nas análises de pós-colheita. A densidade de semeadura não afeta padrões de coloração do feijão, sendo que as alterações ocorreram apenas entre as cultivares e o tempo de armazenagem. Os padrões de coloração da colheita são mantidos até os 90 DAC, e sofrem alterações após esse período.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, K. C. **Comportamento de cultivares de feijão preto (*Phaseolus vulgaris* L.) em três safras no município de Guarapuava-PR.** Guarapuava, PR, 2016. 54 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Estadual do Centro-Oeste.
- ANDRADE, C. A. B.; SCAPIM, C. A.; BRACCINI, A. L.; MARTORELLI, D. T. Produtividade, crescimento e partição de matéria seca em duas cultivares de feijão. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 31, n. 4, p. 683-688, 2009.
- ARAÚJO, A. P.; TEIXEIRA, M. G. Variabilidade dos índices de colheita de nutrientes em genótipos de feijoeiro e sua relação com a produção de grãos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 137-146, 2012 a.
- ARAÚJO, L. C. A.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, Â, F. B. Estimates of genetic parameters of late seed-coat darkening of carioca type dry beans. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 36, n. 2, p. 156-162, 2012 b.
- ARDAKANI, L. G.; FARAJEE, H.; KELIDARI, A. The effect of water stress on grain yield and protein of spotted bean (*Phaseolus vulgaris* L.), cultivar Talash. **International journal of Advanced Biological and Biomedical Research**, v. 1, n. 9, p. 940-949, 2013.
- ARNS, F. D.; RIBEIRO, N. D.; MEZZOMO, H. C.; STECKLING, S. M.; KLÄSENER, G. R.; CASAGRANDE, C. R. Combined selection in carioca beans for grain size, slow darkening and fast-cooking after storage times. **Euphytica**, v. 214, n. 66, p. 1-12, 2018.
- ASEMANRAFAT; HONAR, M. T. Effect of water stress and plant density on canopy temperature, yield components and protein concentration of red bean (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Akhtar). **International Journal of Plant Production**, v. 11, p. 241-258, 2017.
- BABAEIAN, M.; JAVAHERI, M.; ASGHARZADE, A. Effect of row spacing and sowing date on yield and yield components of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **African Journal of Microbiology Research**, v. 6, n. 20, p. 4340-4343, 2012.
- BARROS, M.; PRUDENCIO, S. H. Physical and chemical characteristics of common bean varieties. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 37, n. 2, p. 751-762, 2016.
- BASSINELO, P. Z. **Feijão armazenado e envelhecido: ainda é bom para o consumo?** Disponível em:<<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/camaras-setoriais-tematicas/camaras-setoriais-1/feijao>>. Acesso em: 11 set. 2019.
- BLACKSHAW, R. E.; MUENDEL, H. H.; SAINDON, G. Canopy architecture, row spacing and plant density effects on yield of dry bean (*Phaseolus vulgaris*) in the absence and presence of hairy nightshade (*Solanum sarrachoides*). **Canadian Journal of Plant Science**, v. 79, n. 4, p. 663-669, 1999.
- CELMELI, T.; SARI, H.; CANCI, H.; SARI, D.; ADAK, A.; EKER, T.; TOKER, C. The Nutritional Content of Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Landraces in Comparison to Modern Varieties. **Agronomy**, v. 8, p. 1-9, 2018.

CHIORATO, A. F.; CARBONELL, S. A. M.; BOSETTI, F.; SASSERON, G. R.; LOPES, R. L. T.; AZEVEDO, C. V. G. Common bean genotypes for agronomic and market-related traits in VCU trials. **Scientia Agricola**, v. 72, n. 1, p. 34-40, 2015.

COIMBRA, J. L. M.; CARVALHO, F. I. F.; HEMP, S.; OLIVEIRA, A. C.; SILVA, S. A. Divergência genética em feijão preto. **Ciência Rural**, v. 29, n. 3, p. 427-431, 1999.

COMEX STAT. **Exportação e Importação Geral**. 2019. Disponível em: <<http://comexstat.mdic.gov.br/pt/geral>>. Acesso em: 12 jan. 2020.

CONAB. **Perspectivas para a agropecuária**. 2018. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 11 set. 2019.

DEMITO, A.; ZIEGLER, V.; GOEBEL, J. T. S.; KONOPATZKI, E. A.; COELHO, S. R. M.; ELIAS, M. C. Effects of refrigeration on biochemical, digestibility, and technological parameters of carioca beans during storage. **Journal of Food Biochemistry**, v. 43, p. 1-11, 2019.

DÍAZ, A. M.; CALDAS, G. V.; BLAIR, M. W. Concentrations of condensed tannins and anthocyanins in common bean seed coats. **Food Research International**, v. 43, p. 595-601, 2010.

DIDONET, A. D.; COSTA, J. G. C. População de plantas e rendimento de grãos em feijoeiro comum de ciclo precoce. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 34, n. 2, p. 105-109, 2004.

EMBRAPA. **Conhecendo a fenologia do feijoeiro e seus aspectos fitotécnicos**. 2018. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1085830/conhecendo-a-fenologia-do-feijoeiro-e-seus-aspectos-fitotecnicos>>. Acesso em: 13 set. 2019

EMBRAPA. **Descritores mínimos indicados para caracterizar cultivares/variedades de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 2005. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/194060/descriptores-minimos-indicados-para-caracterizar-cultivares-variedades-de-feijao-comum-phaseolus-vulgaris-l>>. Acesso em: 11 set. 2019.

EMBRAPA. **Recomendações técnicas para o cultivo do feijoeiro comum em várzeas tropicais irrigadas por subirrigação**. 2003. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/212409/recomendacoes-tecnicas-para-o-cultivo-do-feijoeiro-comum-em-varzeas-tropicais-irrigadas-por-subirrigacao>>. Acesso em: 13 set. 2019.

EMBRAPA. **BRS Esteio - Cultivar de feijoeiro comum com grãos pretos, alto potencial produtivo e resistência à antracnose**. 2014. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/991738/brs-esteio---cultivar-de-feijoeiro-comum-com-graos-pretos-alto-potencial-produtivo-e-moderada-resistencia-a-antracnose>>. Acesso em: 13 set. 2019.

EMBRAPA. BRS FC104: **Cultivar de Feijão-Comum Carioca Superprecoce**. 2017. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1081603/brs-fc104-cultivar-de-feijao-comum-carioca-superprecoce>>. Acesso em: 13 set. 2019.

FARIA, L. C.; MELO, P. G. S.; PEREIRA, H. S.; PELOSO, M. J.; BRAS, A. J. B. P.; MOREIRA, J. A. A.; CARVALHO, H. W. L.; MELO, L. C. Genetic progress during 22 years of improvement of carioca-type common bean in Brazil. **Field Crops Research**, v. 142, p. 68-74, 2013.

FONTOURA, S. M. V.; VIEIRA, R. C. B.; BAYER, C.; VIERO, F.; ANGHINONI, I.; MORAIS, R. P. **Fertilidade do solo e seu manejo em plantio direto no centro-sul do Paraná**. Guarapuava: Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária, 2015.

FERREIRA, C. D.; ZIEGLER, V.; LINDEMANN, I. S.; HOFFMANN, J. F.; VANIER, N. L.; OLIVEIRA, M. Quality of black beans as a function of long-term storage and moldy development: Chemical and functional properties of flour and isolated protein. **Food Chemistry**, v. 246, p. 473–480, 2018.

FONTOURA, S. M. V.; PIAS, O. H. C.; TIECHER, T.; CHERUBIN, M. R.; MORAES, R. P.; BAYER, C. Effect of gypsum rates and lime with different reactivity on soil acidity and crop grain yields in a subtropical Oxisol under no-tillage. **Soil & Tillage Research**, v. 193, p. 27–41, 2019.

FRANÇA, M. G. C.; THI, A. T. P.; PIMENTEL, C.; ROSSIELLO, R. O. P.; FODIL, Y. Z.; LAFFRAY, D. Differences in growth and water relations among *Phaseolus vulgaris* cultivars in response to induced drought stress. **Environmental and Experimental Botany**, v. 43, p. 227-237, 2000.

GRAHAM, P. H.; RANALLI, P. Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Field Crops Research**, v. 53, p. 131-146, 1997.

GROSS, Y.; KIGEL, J. Differential sensitivity to high temperature of stages in the reproductive development of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Field Crops Research**, v. 36, p. 201-212, 1994.

GUIDOLIN, A. F.; JUNIOR, A. M.; ENDER, M.; SANGOI, L.; DUARTE, I. A. Efeito do arranjo da população de plantas sobre o crescimento do feijão em semeadura tardia. **Ciência Rural**, v. 25, n. 4, p. 547-551, 1998.

HOFFMANN, L. J.; RIBEIRO, N. D.; ROSA, S. S.; JOST, E.; POERSCH, N. L.; MEDEIROS, S. L. P. Resposta de cultivares de feijão à alta temperatura do ar no período reprodutivo. **Ciência Rural**, v. 37, n. 6, p. 1543-1548, 2007.

HORN, F. L.; SCHUCH, L. O. B.; SILVEIRA, E. P.; ANTUNES, I. F.; VIEIRA, J. C.; MARCHIORO, G.; MEDEIROS, D. F.; SCHWENGBER, J. E. Avaliação de espaçamentos e populações de plantas de feijão visando à colheita mecanizada direta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 1, p. 41-46, 2000.

IAPAR. **Principais características das cultivares de feijão com sementes disponíveis no mercado**. Disponível em: <<http://www.iapar.br/pagina-1363.html>>. Acesso em: 13 set. 2019.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/1612>>. Acesso em: 17 abr. 2020.

JADOSKI, S. O.; CARLESSO, R.; PETRY, M. T.; WOISCHICK, D.; CERVO, L. População de plantas e espaçamento entre linhas do feijoeiro irrigado. I: comportamento morfológico das plantas. **Ciência Rural**, v. 30, n. 4, p. 1-7, 2000.

JAUER, A.; DUTRA, L. M. C.; ZABOT, L.; LUCCA FILHO, O. A.; LOSEKANN, M. E.; UHRY, D.; STEFANELO, C.; FARIAS, J. R.; LUDWIG, M. P. Análise de crescimento da cultivar de feijão Pérola em quatro densidades de semeadura. **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia**, v. 10, n. 1, p. 1-12, 2003.

KONICA MINOLTA. **Entendendo o Espaço de Cor L\* a\* b\***. Disponível em: <<http://sensing.konicaminolta.com.br/2013/11/entendendo-o-espaco-de-cor-lab/>>. Acesso em: 16 set. 2019.

LIMA, L. K.; RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, R. A. D. C.; ABREU, Â. F. B. Repeatability of adaptability and stability parameters of common bean in unpredictable environments. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 9, p. 1254-1259, 2013.

LIMA, R. C.; TEIXEIRA, P. H.; SOUSA, L. R. V.; RODRIGUES, L. B.; CARNEIRO, J. E. S.; LEHNER, M. S.; PAULA JUNIOR, T. J.; VIEIRA, R. F. Integration of partial resistance, plant density and use of fungicide for management of white mould in common bean. **Plant Pathology**, v. 68, p. 481–491, 2019.

LISBOA, C. F.; SILVA, D. D. A.; TEIXEIRA, I. R.; SILVA, A.G.; MOTA, J. H. Agronomic characteristics of common bean and castor bean hybrids in intercropping and monocropping. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 3, p. 200-205, 2018.

LUCIER, G.; HWAN LIN, B.; ALLSHOUSE, J.; KANTOR, L. S. Factors affecting dry bean consumption in the United States. **Vegetables and Specialties**, v. 280, p. 26-34, 2000.

MALUF, J. R. T.; CUNHA, G. R.; MATZENAUER, R.; PASINATO, A.; PIMENTEL, M. B. M.; CAIAFFO, M. R. Zoneamento de riscos climáticos para a cultura de feijão no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 9, n. 3, p. 468-476, 2001.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – **CultivarWeb**. Disponível em: <[http://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares\\_registradas.php](http://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php)>. Acesso em: 13 set. 2019.

MARIOT, E. J. **Growth analysis of c.v. Porrillo Sintetico (*Phaseolus vulgaris* L.)**: a report of results from studies conducted while a trainee in bean physiology. Cali: CIAT, 1976.

MICHELANGELI, J. A. C.; BHAKTA, M.; GEZAN, S. A.; BOOTE, K. J.; ALLEJOS, C. E. From flower to seed: identifying phenological markers and reliable growth functions to model reproductive development in the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Plant, Cell and Environment**, v.36, p. 2046–2058, 2013.

MONTEIRO, P. F. C.; ANGULO, R. F.; XAVIER, A. C.; MONTEIRO, R. O. C. Índices de vegetação simulados de diferentes sensores na estimativa das variáveis biofísicas do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 4, p. 433-441, 2013.

NASAR-ABBAS, S. M.; SIDDIQUE, K. H. M.; PLUMMER, J. A.; WHITE, P. F.; HARRIS, D.; DODS, K.; D'ANTUONO, M. Faba bean (*Vicia faba* L.) seeds darken rapidly and phenolic content falls when stored at higher temperature, moisture and light intensity. **LWT - Food Science and Technology**, v. 42, p. 1703–1711, 2009.

NUNES, H. D. **Desempenho agrônômico, qualitativo e eficiência no uso do nitrogênio em cultivares de feijoeiro de inverno**. Jaboticabal, SP, 2017. 53 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Estadual Paulista.

OCEPAR. **FRÍSIA: Importância do feijão na cadeia produtiva dos Campos Gerais é discutida em Carambeí**. 2019. Disponível em: < <http://www.paranacooperativo.coop.br/ppc/index.php/sistema-ocepar/comunicacao/2011-12-07-11-06-29/ultimas-noticias/122502> >. Acesso em: 29 mar. 2020.

OLIVEIRA, J. T.; CARVALHO, M. P.; ROQUE, C. G.; BAIO, F. H. R.; KAMIMURA, K. M.; RIBEIRO, I. S.; TEODORO, P. E. Variabilidade espacial dos índices fenológicos da cultura do feijão. **Bioscience Journal**, v. 34, n. 2, p. 941-950, 2018.

PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; McMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 11, p. 1633–1644, 2007.

PEREIRA, H. S.; MELO, L. C.; FARIA, L. C.; WENDLAND, A.; PELOSO, M. J.; COSTA, J. G. C.; NASCENTE, A. S.; DÍAZ, J. L. C.; CARVALHO, H. W. L.; ALMEIDA, V. M.; MELO, C. L. P.; COSTA, A. F.; POSSE, S. C. P.; MAGALDI, M. C. S.; ABREU, Â. F. B.; GUIMARÃES, C. M.; OLIVEIRA, J. P.; MOREIRA, J. A. A.; MARTINS, M.; SOUZA FILHO, B. F. BRS Esteio - Common bean cultivar with black grain, high yield potential and moderate resistance to anthracnose. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 13, p. 373-376, 2013.

PERIN, A.; ARAÚJO, A. P.; TEIXEIRA, M. G. Efeito do tamanho da semente na acumulação de biomassa e nutrientes e na produtividade do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 12, p. 1711-1718, 2002.

RIBEIRO, N. D.; CASAGRANDE, C. R.; MEZZOMO, H. C.; KLÄSENER, G. R.; STECKLING, S. M. Consumer preference and the technological, cooking and nutritional quality of carioca beans. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 40, n. 2, p. 651-664, 2019.

RIBEIRO, N. D.; STORCK, L.; POERSCH, N. L. Classificação de lotes comerciais de feijão por meio da claridade do tegumento dos grãos. **Ciência Rural**, v. 38, n. 7, p. 2042-2045, 2008.

RIOS, A. O.; ABREU, C. M. P.; CORRÊA, A. D. Efeito da estocagem e das condições de colheita sobre algumas propriedades físicas, químicas e nutricionais de três cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, p. 39-45, 2003.

ROSALES-SERNA, R.; KOHASHI-SHIBATA, J.; GALLEGOS, J. A. A.; LOPEZ, C. T.; CERECERES, J. O.; KELLY, J. D. Biomass distribution, maturity acceleration and yield in drought-stressed common bean cultivars. **Field Crops Research**, v. 85, p. 203-211, 2004.

SCHOLTEN, R.; PARREIRA, M. C.; ALVES, P. L. C. A. Período anterior à interferência das plantas daninhas para a cultivar de feijoeiro 'Rubi' em função do espaçamento e da densidade de semeadura. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 33, n. 2, p. 313-320, 2011.

SHIMADA, M. M.; ARF, O.; SÁ, M. E. Componentes do rendimento e desenvolvimento do feijoeiro de porte ereto sob diferentes densidades populacionais. **Bragantia**, v. 59, n. 2, p. 181-187, 2000.

SHIRTLIFFE, S. J.; JOHNSTON, A. M. Yield-density relationships and optimum plant populations in two cultivars of solid-seeded dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) grown in Saskatchewan. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 82, p. 521-529, 2002.

SILOCHI, R. M. H. Q.; COELHO, S. R. M.; BISCHOFF, T. Z.; CASSOL, F. D. R.; PRADO, N. V.; BASSINELLO, P. Z. Nutritional technological characterization and secondary metabolites in stored carioca bean cultivars. **African Journal of Agricultural**, v. 11, n. 24, p. 2101-2111, 2016.

SILVA, C. A.; ABREU, Â. F. B.; RAMALHO, M. A. P. Associação entre arquitetura de planta e produtividade de grãos em progênies de feijoeiro de porte ereto e prostrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 12, p. 1647-1652, 2009.

SILVA, R. R.; SCARIOTTO, S.; MALAGI, G.; MARCHESE, J. A. Análise de crescimento em feijoeiro cultivado sob diferentes densidades de semeadura. **Scientia Agraria**, v. 13, n. 2, p. 41-51, 2012.

SIQUEIRA, B. S.; BASSINELLO, P. Z.; SANTOS, S. C.; MALGARESI, G.; FERRI, P. H.; RODRIGUEZ, A. G.; FERNANDES, K. F. Do enzymatic or non-enzymatic pathways drive the postharvest darkening phenomenon in carioca bean tegument? **LWT - Food Science and Technology**, v. 69, p. 593-600, 2016.

SIQUEIRA, B. S. Influence of storage on darkening and hardening of slow-and regular-darkening carioca bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes. **Journal of Agricultural Studies**, v. 2, n. 2, p. 87-104, 2014.

SOLTANI, A.; BELLO, M.; MNDOLWA, E.; SCHRODER, S.; MOGHADDAM, S. M.; OSORNO, J. M.; MIKLAS, P. N.; McCLEAN, P. E. Targeted Analysis of Dry Bean Growth Habit: Interrelationship among Architectural, Phenological, and Yield Components. **Crop Science**, v. 56, 2016.

SORATTO, R. P.; SOUZA-SCHLICK, G. D.; FERNANDES, A. M.; OLIVEIRA, L. F. F. A. Crescimento e produtividade de duas cultivares de feijão em função de doses de ácido 2,3,5-triidobenzoico. **Ciência Rural**, v. 45, n. 12, p. 2181-2186, 2015.

SOUZA, A. B.; ANDRADE, M. J. B.; JOEL AUGUSTO MUNIZ, J. A. Altura de planta e componentes do rendimento do feijoeiro em função de população de plantas, adubação e calagem. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, n. 6, p. 1205-1213, 2003.

SOUZA, A. B.; ANDRADE, M. J. B.; VIEIRA, N. M. B.; ALBUQUERQUE, A. Densidades de semeadura e níveis de NPK e calagem na produção do feijoeiro sob plantio convencional, em Ponta Grossa, Paraná. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 38, n. 1, p. 39-43, 2008.

SOUZA, A. B.; OLIVEIRA, D. P.; SILVA, C. A.; ANDRADE, M. J. B. Populações de plantas e doses de nitrogênio para o feijoeiro em sistema convencional. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 4, p. 998-1006, 2014.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre, RS: Artmed, 2013. 918 p.

URCHEI, M. A.; RODRIGUES, J. D.; STONE, L. F. Análise de crescimento de duas cultivares de feijoeiro sob irrigação, em plantio direto e preparo convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 3, p. 497-506, 2000.

WELU, G. Effects of Plant Density on the Yield Components of Haricot Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal of Natural Sciences Research**, v. 5, n. 5, p. 37-41, 2015.

WHITE, J. W.; MONTES-R, C. Variation in parameters related to leaf thickness in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Field Crops Research**, v. 91, p. 7–21, 2005.

YAGI, R.; ANDRADE, D. S.; WAURECK, A.; GOMES, J. C. Nodulações e Produtividades de Grãos de Feijoeiros diante da Adubação Nitrogenada ou da Inoculação com *Rhizobium freirei*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, p. 1661-1670, 2015.