



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

MÔNICA SATIE OMURA

**RENDIMENTO DE FEIJÃO AZUKI EM FUNÇÃO DA
DENSIDADE DE SEMEADURA**

Londrina
2017

MÔNICA SATIE OMURA

**RENDIMENTO DE FEIJÃO AZUKI EM FUNÇÃO DA
DENSIDADE DE SEMEADURA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito para a obtenção do título de mestre em Agronomia.

Orientador: Prof^a. Dr^a. Lúcia Sadayo Assari Takahashi.

Londrina
2017

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

Omura, Mônica Satie.

Rendimento de feijão azuki em função da densidade de semeadura / Mônica Satie Omura. - Londrina, 2017.
41 f.

Orientador: Lúcia Sadayo Assari Takahashi.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2017.
Inclui bibliografia.

1. Adzuki - Tese. 2. Análise de crescimento - Tese. 3. População de plantas - Tese. 4. Potencial fisiológico de sementes - Tese. I. Takahashi, Lúcia Sadayo Assari. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. Título.

MÔNICA SATIE OMURA

**RENDIMENTO DE FEIJÃO AZUKI EM FUNÇÃO DA DENSIDADE DE
SEMEADURA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito para a obtenção do título de mestre em Agronomia.

BANCA EXAMINADORA

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Lúcia Sadayo Assari
Takahashi
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof^o. Dr. Denis Santiago da Costa
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof^a. Dr^a. Inês Cristina de Batista Fonseca
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Londrina, 21 de fevereiro de 2017.

Aos meus pais:
Francisco e
Isaura

AGRADECIMENTOS

A Universidade Estadual de Londrina pelo espaço físico para a execução do experimento e ao programa de Pós-Graduação em Agronomia pela oportunidade de estudo, à CAPES-Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal do Nível Superior, pela concessão da bolsa de mestrado.

Aos professores Dr^a Lúcia Sadayo Assari Takahashi pela amizade, orientação, auxílio, além da disponibilidade de seu tempo e conhecimento, ao Dr. PhD. Edison Miglioranza pelo conhecimento transmitido em relação às técnicas para a realização da análise de crescimento, à Dr^a PhD. Inês de Batista Fonseca pelo auxílio durante a análise estatística e ao Dr. Denis Santiago da Costa pela paciência e ajuda durante a produção dos gráficos e na redação do artigo.

Ao Dr. PhD. Rogério Faria Vieira pelo envio das sementes de feijão azuki cv. Coimbra.

Ao amado Guilherme Teiji Shimada pela ajuda em todas as etapas do trabalho e amparo em todas as horas.

A todos os colegas de pós-graduação, em especial Felipe Favoreto Furlan, Gustavo Henrique Freiria e Douglas Junior Bertoncelli pelo companheirismo e ajuda.

Aos funcionários José Vicentini Neto e Sebastião Ferreira Xavier por verificar o experimento em campo e a irrigação.

Aos estagiários Renan Romano Machado, Letícia Scalon e aos demais pela ajuda durante a trilha do material e a pesagem nos testes de vigor.

Aos queridos Akemi e Bárbara Ozeki, Thuissa Shimada Garcia e Álvaro Garcia pelo apoio.

A minha família pela oportunidade de educação, pelo carinho, compreensão e paciência.

Enfim, à todas as pessoas que direta ou indiretamente me auxiliaram durante essa etapa da minha vida dando-me forças para a realização deste trabalho.

Muito Obrigada!

“Comece fazendo o
que é necessário,
depois o que é
possível, e de repente
você estará fazendo o
impossível”.

São Francisco de
Assis

OMURA, Mônica Satie. **Rendimento de feijão azuki em função da densidade de semeadura**. 2017. 41p. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2017.

RESUMO

O feijão azuki (*Vigna angularis* (Willd.) Ohwi e Ohashi) é uma leguminosa pouco conhecida pelos brasileiros, no entanto seu consumo tem se difundido devido a busca de alimentos nutracêuticos e pela popularização da culinária japonesa. Por servir como matéria prima, principalmente para a indústria alimentícia, é necessário a produção de sementes atentando-se aos ganhos de produtividade levando em consideração a qualidade do que é produzido. A adequação da densidade de semeadura é uma tática de manejo acessível e praticável que permite a otimização da área de produção com melhor aproveitamento de água, luz e nutrientes pela população de plantas. Estudos relacionados ao acompanhamento do desenvolvimento das espécies cultivadas, os quais podem ser verificados pela análise de crescimento, a qual evidencia a massa seca utilizada para o crescimento e a armazenada pelas estruturas reprodutivas, são ferramentas indispensáveis para as tomadas de decisão durante a implantação da cultura à campo e principalmente para o manejo de espécies pouco exploradas assim como para novas cultivares. Priorizando assim, altos rendimentos e a produção de sementes que possam expressar todo seu potencial produtivo. Desta forma, o objetivo do trabalho foi avaliar o desempenho de plantas de feijão azuki cv. Coimbra em diferentes densidades de semeadura, quanto ao crescimento das plantas e rendimento da cultura, além de verificar o potencial fisiológico das sementes produzidas. O experimento foi conduzido em área localizada no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Londrina (UEL), em blocos casualizados com quatro repetições por tratamento, no período de março a junho de 2016. Foram avaliadas quatro densidades de semeadura: seis, nove, doze e quinze plantas por metro, o que resultou em populações estimadas de 133.333, 200.000, 266.666 e 333.333 por hectare, semeadas manualmente com espaçamento de 0,45 m entre linhas em Latossolo Vermelho eutroférico. O crescimento das plantas foi avaliado por meio de dez colheitas seguindo o método de análise de crescimento, em intervalos de sete dias, calculando posteriormente a área foliar (AF), índice de área foliar (IAF), razão de massa foliar (RMF), razão de área foliar (RAF), área foliar específica (AFE), taxa de crescimento relativo (TCR) e taxa de assimilação líquida (TAL). Foram coletados quatro metros lineares da área central de cada parcela, com posterior determinação do teor de umidade e biomassa acumulada de sementes, utilizados para o cálculo de produtividade. O potencial fisiológico das sementes produzidas foi avaliado por meio dos testes de germinação e vigor, o qual inclui primeira contagem de germinação, comprimento e massa seca de plântulas. Houve efeito das populações no índice de área foliar (IAF), no rendimento da cultura e na porcentagem de germinação das sementes, com aumento linear crescente para essas variáveis. O feijão azuki cv. Coimbra não tolera baixas temperaturas durante seu crescimento e desenvolvimento e as sementes produzidas nessas condições ambientais apresentam baixo potencial fisiológico.

Palavras-chave: Análise de crescimento. População de plantas. Potencial fisiológico. Vigor. *Vigna angularis* (Willd.) Ohwi e Ohashi.

OMURA, Mônica Satie. **Azuki bean yield in function of sowing density.** 2017. 41 p. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2017.

ABSTRACT

Azuki bean (*Vigna angularis* (willd.) Ohwi and Ohashi) is a legume little known by the brazilians, however its consumption has been diffused due to the search of nutraceutical foods and the popularization of the japanese cuisine. Because it serves as a raw material, especially for the food industry, it is necessary to produce seeds by paying attention to productivity gains, taking into account the quality of what is produced. The adequacy of sowing density is an accessible and practicable management tactic that allows the optimization of the production area with better use of water, light and nutrients by the plant population. Studies related to the monitoring of the development of cultivated species, which can be verified by the growth analysis, which shows the dry mass used for growth and the storage by the reproductive structures, are indispensable tools for the decision making during the implantation of the crop to the field and mainly for the management of species little explored as well as for new cultivars. Prioritizing this way, high yields and the production of seeds that can express all their productive potential. In this way, the objective of the work was to evaluate the performance of azuki bean plants cv. Coimbra at different sowing densities, regarding plant growth and crop yield, as well as to verify the physiological potential of the seeds produced. The experiment was conducted in an area located in the center of agricultural sciences of the State University of Londrina (UEL), in randomized blocks with four replicates per treatment, from march to june 2016. Four seed densities were evaluated: six, nine, twelve and fifteen plants per meter, which resulted in estimated populations of 133.333, 200.000, 266.666 and 333.333 plants per hectare, manually sowed with a 0,45 m spacing between lines in eutrophic red latosol. The growth of the plants was evaluated by means of ten harvests following the method of growth analysis, at intervals of seven days, after calculating leaf area (L), leaf area index (LAI), leaf mass ratio (F_w), leaf area ratio (F_A), specific leaf area (S_A), relative growth rate (R_A) and net assimilation rate (E_A). Four linear meters of the central area of each plot were collected, with subsequent determination of the moisture content and accumulated seed biomass, used for the calculation of productivity. The physiological potential of the seeds produced was evaluated by germination and vigor tests, which included first and percentage of germination, length and seedling dry mass. There was an effect of the populations on leaf area index (LAI), crop yield and percentage of seed germination, with increasing linear increase for these variables. The azuki bean cv. Coimbra does not tolerate low temperatures during its growth and development and the seeds produced in these environmental conditions present low physiological potential.

Key words: Growth analysis. Plant population. Physiological potential. Vigor. *Vigna angularis* (Willd.) Ohwi and Ohashi.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1** – Temperaturas máximas e mínimas no período de 16 de março a 13 de junho de 2016.....22
- Figura 2** – Índice de área foliar (IAF) (a), ajuste linear do IAF (b), área foliar (AF) (c), razão de massa foliar (RMF) (d), razão de área foliar (RAF) (e) e área foliar específica (AFE) (f) ao longo do crescimento e desenvolvimento de plantas de feijão azuki cv. Coimbra nas populações P1=133.333, P2=200.000, P3=266.666 e P4=333.333 plantas ha⁻¹27
- Figura 3** – Médias do somatório da massa seca da parte aérea (g) (PA= caule + folhas + ramos+ ER) e (ER= estruturas reprodutivas: flores e vagens) ao longo do crescimento e desenvolvimento de plantas de feijão azuki cv. Coimbra, semeadas nas populações P1=133.333 (a), P2=200.000 (b), P3=266.666 (c) e P4=333.333 (d) plantas ha⁻¹30
- Figura 4** – Taxa de crescimento relativo (TCR) (a) e Taxa de assimilação líquida (TAL) (b) ao longo do crescimento e desenvolvimento de plantas de feijão azuki cv. Coimbra, semeadas nas populações P1=133.333, P2=200.000, P3=266.666 e P4=333.333 plantas ha⁻¹, em Londrina-Pr.....32
- Figura 5** – Ajuste linear para as variáveis rendimento (kg ha⁻¹) e porcentagem de germinação (%) de plântulas de feijão azuki cv. Coimbra de lotes de sementes colhidos em populações de 133.333, 200.000, 266.666 e 366.666 plantas ha⁻¹ na cidade de Londrina, Pr.....34

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** – Análise química da camada superficial do solo (0-20 cm), Londrina 201522
- Tabela 2** – Quadrado médio das variáveis: AF- área foliar (cm²), IAF- Índice de área foliar, RMF- razão de massa foliar (g g⁻¹), RAF- Razão de área foliar (m² g⁻¹), AFE- Área foliar específica (m² g⁻¹) de feijão azuki cv. Coimbra semeadas em quatro populações 133.333, 200.000, 266.666 e 333.333 plantas ha⁻¹, na cidade de Londrina-PR, aos 72 dias após a semeadura27
- Tabela 3** – Quadrado médio das variáveis: massa seca da parte aérea (MS PA) composta por caule, folhas, ramos e vagens (g) e massa seca das estruturas reprodutivas (MS ER) representada pelas vagens (g) de feijão azuki cv. Coimbra semeadas nas populações 133.333, 200.000, 266.666 e 333.333 plantas ha⁻¹, na cidade de Londrina-PR, aos 72 dias após a semeadura.....31
- Tabela 4** – Quadrado médio das variáveis: taxa de crescimento relativo (TCR) (g g⁻¹ dia⁻¹) e taxa de assimilação líquida (TAL) (g m⁻² dia⁻¹) de plantas de feijão azuki cv. Coimbra semeadas nas populações 133.333, 200.000, 266.666 e 333.333 plantas ha⁻¹, na cidade de Londrina-PR, aos 72 dias após a semeadura.....33
- Tabela 5** – Quadrado médio das variáveis: Rendimento de sementes (REND) (kg ha⁻¹), G%- porcentagem de germinação (G%) (%), primeira contagem de germinação (1°C) (%), comprimento dos hipocótilos e radículas (CH e CR) (cm) e massa seca dos hipocótilos e radículas (MSH e MSR) (g) de plântulas de feijão azuki cv. Coimbra semeadas nas populações 133.333, 200.000, 266.666 e 333.333 plantas ha⁻¹, na cidade de Londrina, PR.34

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AF	Área foliar
AFE	Área foliar específica
CH	Comprimento do hipocótilo
CR	Comprimento da radícula
DAE	Dias após a emergência
DAS	Dias após a sementeira
ER	Estruturas reprodutivas
G%	Porcentagem de germinação
IAF	Índice de área foliar
MSH	Massa seca do hipocótilo
MSR	Massa seca da radícula
RAF	Razão de área foliar
RMF	Razão de massa foliar
TAL	Taxa de assimilação líquida
TCR	Taxa de crescimento relativo

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1	FEIJÃO AZUKI: CLASSIFICAÇÃO BOTÂNICA, ORIGEM E CARACTERÍSTICAS	13
2.2	DENSIDADE DE PLANTAS	15
2.3	ANÁLISE DE CRESCIMENTO.....	16
2.4	POTENCIAL FISIOLÓGICO E VIGOR DE SEMENTES	16
3	ARTIGO A: DESEMPENHO DE PLANTAS DE FEIJÃO AZUKI EM FUNÇÃO DA POPULAÇÃO DE PLANTAS PARA A PRODUÇÃO DE SEMENTES	18
3.1	RESUMO.....	18
3.2	ABSTRACT	18
3.3	INTRODUÇÃO	19
3.4	MATERIAL E MÉTODOS	21
3.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
3.5.1	Desenvolvimento Foliar	26
3.5.2	Desenvolvimento do Fossel.....	30
3.5.3	Análise de Crescimento	32
3.5.4	Rendimento e Potencial Fisiológico de Sementes.....	34
3.6	CONCLUSÕES	36
4	CONCLUSÕES GERAIS	36
5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37

1 INTRODUÇÃO

A demanda por alimentos de qualidade a preços acessíveis é que move as pesquisas no setor agrícola brasileiro, a fim de produzir de modo mais eficiente e sustentável, tanto em quantidade quanto em qualidade, todavia há muitas informações pertinentes à base do cultivo de várias espécies cultivadas, dentre elas o feijão azuki, que devem ser estudadas afim de explorar seu máximo potencial produtivo.

Vigna angularis (Willd.) Ohwi e Ohashi é uma espécie de feijão muito apreciado e com grande importância cultural nos países asiáticos e por seus descendentes. No Brasil, a popularização da culinária japonesa e a busca por alimentos saudáveis permitiu o conhecimento e difusão dessa espécie em maiores proporções. Além de suas utilidades gastronômicas, diversas pesquisas têm evidenciado os benefícios do consumo do extrato e das sementes dessa leguminosa, devido às propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias presentes em sua composição, as quais podem contribuir para a manutenção da saúde.

Afim de promover maior rendimento da cultura sem perder a qualidade das sementes, as quais servirão de matéria prima ou serão consumidas in natura, é necessário um planejamento criterioso do manejo da cultura em campo, aliado ao conhecimento fitotécnico do comportamento da cultivar produzida em relação à densidade de semeadura e seus efeitos sobre o crescimento e desenvolvimento adequado das plantas.

A variação da densidade de semeadura permite adequar o crescimento vegetal, otimizando a interceptação da energia solar e tornando processo de fotossíntese mais eficiente devido ao melhor aproveitamento da água e nutrientes disponíveis na solução do solo, além disso evita o sombreamento provocado pelas plantas adjacentes. Esses efeitos podem ser notados com o auxílio da análise de crescimento, um método relativamente simples de se estimar a produção fotossintética líquida de genótipos e associar a produtividade e o crescimento à influência dos fatores edafoclimáticos por meio de coletas das plantas em intervalos de tempo pré estabelecidos.

A interferência de uma planta sobre a outra da mesma espécie, associada às condições ambientais adversas, podem promover a redução da biossíntese de fotoassimilados e conseqüentemente menor produção e acúmulo de

carboidratos, pelo aumento do abortamento dos órgãos reprodutivos, tendo efeitos diretos sobre o rendimento da cultura.

Portanto, o objetivo do trabalho foi avaliar o desempenho de plantas de feijão azuki cv. Coimbra em diferentes densidades de semeadura, quanto ao crescimento das plantas e rendimento da cultura, além de verificar o potencial fisiológico das sementes produzidas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 FEIJÃO AZUKI: CLASSIFICAÇÃO BOTÂNICA, ORIGEM E CARACTERÍSTICAS

O feijão azuki pertence à família das leguminosas, tribo Phaseoleae, subtribo Phaseoliinae, gênero *Vigna* Savi, subgênero *Ceratotropis*, espécie *Vigna angularis* (Willd.) Ohwi e Ohashi e são conhecidas duas subespécies *V. angularis* var. *angularis* e a selvagem *V. angularis* var. *nipponensis* (LUMPKIN; MCCLARY, 1994).

Está presente em mais de 30 países ao redor do mundo e faz parte da dieta de pelo menos um bilhão de pessoas (YANG et al., 2015), principalmente nos países do leste asiático, majoritariamente na China, Coreia e Japão (CHEN et al., 2015), locais em que há o maior número de acessos germoplasma desta espécie (XU et al., 2000).

A China detém o título de maior produtor e consumidor desse grão (CHEN et al., 2015), seu cultivo disseminou-se no norte e nordeste desse país e se alastrou da região central até os rios Yellow e Yangtze (XU et al., 2009), apresentando rendimento médio de 1450 kg ha⁻¹ (CHENG; TIAN, 2011). No Brasil a produtividade varia entre 1000 kg ha⁻¹ a 1200 kg ha⁻¹ (AMBROSANO et al., 2014), no entanto não há informações precisas a respeito da produção, área cultivada e número de produtores (ALMEIDA et al., 2013).

As espécies selvagens de *Vigna* eram adaptadas a vários ambientes, até mesmo em locais rústicos, podendo ser encontradas em locais urbanos, em substratos como areia de praia, desertos, solos alagados, rochas calcárias e eram consumidas pela população local (TOMOOKA et al., 2014).

Tanto o azuki cultivado quanto o selvagem, são plantas autógamas, podendo haver uma taxa de polinização cruzada de aproximadamente 1% (YAMAMOTO et al., 2006), é uma cultura diploide ($2n=2x=22$) (CHEN et al., 2015) e as características que distinguem as variedades selvagens, var. *nipponensis*, das cultivadas, var. *angularis*, são modificações no número, tamanho, deiscência e dormência das sementes dessa espécie ao longo do processo de domesticação (KAGA et al., 2008). Os mesmos autores afirmam que a formação de vagens e sementes em menores quantidades e com maiores dimensões em plantas de estatura mais baixa, conferem maior produtividade aos genótipos domesticados.

Suas sementes são uma fonte de proteínas, amido, vitaminas e minerais (YANG et al., 2015), além disso possui baixos níveis de gorduras e fácil digestibilidade se comparado ao feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) (DELIĆ et al., 2010), pela presença de fibra alimentar em sua composição e quantidades adequadas de micronutrientes como ácido fólico, zinco e ferro (CHEN et al., 2015).

Devido a essas características o feijão azuki tem grande importância na indústria alimentícia, principalmente na produção de doces tradicionais japoneses tais como o “manju” e o “yokan” e chinês “baozi”, além de ser consumido in natura ou como matéria prima na produção de sorvetes, bebidas, geléias, macarrão, farinha e até cosméticos (LUMPKIN; MCCLARY, 1994).

Destaca-se também pelo potencial como fonte de substâncias de cunho medicinal, os polifenóis que fazem parte da constituição das sementes podem atuar atenuando o estresse oxidativo das células e inflamações (JIANG et al., 2014; MUKAI; SATO, 2011). Os polissacarídeos encontrados nas sementes têm ação antioxidante e imunomoduladora (YANG et al., 2015). O extrato das sementes evita o aparecimento de lesões de dermatite atópica (COLLANTES et al.; 2012), inibe a elevação da pressão sanguínea (SATO et al., 2008), propicia a modulação dos níveis de glicose no sangue e o efeito protetor contra danos oxidativos em diabetes *mellitus* (ITOH et al., 2009), além de ser um suplemento alimentar para a prevenção e imunoterapia contra o câncer (NAKAYA et al., 2012).

Além das utilidades gastronômicas e medicinal, o feijão azuki pode ser uma alternativa viável para a adubação verde, pelo fato de fixar nitrogênio por meio de nódulos provenientes da infecção de bactérias do gênero *Rizobium* (HAN et al., 2009).

Seu cultivo está adaptado ao clima subtropical, com temperaturas médias de 18 a 30 °C, não toleram geadas e são sensíveis ao fotoperíodo (AMBROSANO et al., 2014). Os mesmos autores exprimem que embora haja materiais prostrados e trepadores, os mais comuns tem porte ereto, altura entre 20 e 50 cm, crescimento determinado com duração do ciclo de 70 a 80 dias, há também materiais indeterminado/trepador cuja maturação se concretiza em 120 a 150 dias, ambos com o rendimento em condições normais de cultivo varia entre 1.000 a 1.200 kg ha⁻¹ de grãos.

2.2 DENSIDADE DE PLANTAS

Ao escolher a melhor distribuição das plantas na área deve se levar em consideração o sistema de produção, época de semeadura e o crescimento das plantas, pois esse conhecimento permite o manejo da cultura afim de promover a melhor interceptação e eficiência de energia luminosa, maior acúmulo de matéria seca e conseqüentemente maior rendimento de grãos, pois essas mudanças tem grande influência sobre a área foliar, angulação e distribuição das folhas no dossel e uma das formas de se manipular o arranjo de plantas é pela alteração na densidade de semeadura (ARGENTA, 2001).

É uma das estratégias de manejo mais importantes para o rendimento de grãos, dessa forma o conhecimento sobre o comportamento e modificações tanto morfológicas quanto fisiológicas de populações de plantas permite identificar técnicas que visem potencializar a produção de sementes por área (SANGOI, 2000).

A densidade ideal é aquela que permite o aproveitamento dos fatores abióticos, ou seja, água, luz, clima e solo, pela planta de forma que a competição entre as mesmas aconteça de forma mínima, possibilitando o maior rendimento possível para a condição em que a população de plantas está sujeita (MOJADDAM; NOURI, 2014). No entanto deve-se levar em consideração que a densidade ideal para um local de cultivo não pode ser aplicada para todos os outros, pelo fato da maioria dos fatores ambientais interferem no sucesso ou insucesso dessa prática (SANGOI, 2000).

Essa prática de manejo afim de alcançar o potencial produtivo sem perder a qualidade de sementes, potencializando o uso do solo, reduzindo a ocorrência de plantas daninhas, doenças e insetos na área sem grandes investimentos ainda não está clara para os agricultores que se envolvem na produção de culturas pouco exploradas, pois a maioria dos estudos estão relacionados basicamente a feijões secos e soja (TUARIRA; MOSES, 2014).

Em relação ao feijão azuki sabe-se que os efeitos sobre as características vegetativas e reprodutivas são influenciadas parcialmente pelo genótipo, de forma que as cultivares que tem a produção de vagens concentrada nas ramificações pouco se alteram diante do aumento populacional, por outro lado aquelas que as estruturas reprodutivas se aglomeram no caule respondem

positivamente, na mesma situação (LUMPKIN; MCCLARY, 1994).

2.3 ANÁLISE DE CRESCIMENTO

A análise de crescimento é um método simples utilizado para estimar capacidade de produção da fotossíntese líquida, por meio de colheitas das plantas em diferentes intervalos de tempo, sendo possível obter os dados primários de crescimento, e então calcular os índices com o auxílio de fórmulas matemáticas afim de quantificar a produtividade dos genótipos (LOPES; LIMA, 2015).

A execução é relativamente simples, utilizando-se poucos equipamentos, basicamente, estufa de circulação de ar forçado, medidor de área foliar e balança analítica, e não exige material sofisticado ou caro (PEIXOTO; PEIXOTO, 2011).

Os índices de crescimento vegetal estão relacionados à atividade fotossintética e seu cálculo permite quantificar a produção E os parâmetros utilizados são a dimensão do aparelho fotossintetizante e a fitomassa acumulada. A determinação do índice de área foliar é essencial para que se possa realizar a fotossíntese, pois é matéria prima para a biossíntese de compostos orgânicos e está diretamente relacionada à produtividade da cultura (PEIXOTO; PEIXOTO, 2011).

Essas características de crescimento indicam a capacidade do sistema assimilatório das plantas em biossintetizar, translocar e acumular a fitomassa nos órgãos de utilização e armazenamento (FONTES et al., 2005).

2.4 POTENCIAL FISIOLÓGICO E VIGOR DE SEMENTES

O potencial fisiológico é um dos atributos os quais compõem a qualidade de sementes e abrange informações a respeito da germinação e vigor dessas estruturas reprodutivas e foi conceituado por Marcos Filho (2015) como a capacidade teórica ou a possibilidade de sucesso da semente manifestar suas funções vitais sob condições ambientais favoráveis ou não.

A avaliação do potencial germinativo das sementes é realizado por meio do teste de germinação, em condições controladas de laboratório e tem por objetivo determinar a máxima capacidade em formar plântulas normais, para tanto proporciona-se as melhores condições ambientais para a ocorrência desse

processo, permitindo comparações entre lotes e tem grande utilidade no planejamento da implantação da cultura à campo, pela possibilidade de estimar a quantidade dessas estruturas reprodutivas a serem utilizadas no momento da semeadura (BRASIL, 2009).

Já os testes de vigor são avaliações complementares que determinam o potencial dos lotes de sementes para uma emergência rápida e uniforme de plântulas normais mesmo sob condições desfavoráveis (BAALBAKI et al., 2009). Estes testes proporcionam informações complementares ao teste de germinação, indicando que sementes submetidas a condições adversas durante sua produção geralmente são menos vigorosas e apresentam menor capacidade de conservação e baixo desempenho em campo (MARCOS FILHO, 1999). Os testes de vigor procuram detectar diferenças significativas no potencial fisiológico de lotes com germinação semelhante e que atenda os padrões de comercialização, têm grande importância para as tomadas de decisão durante o manejo da cultura (MARCOS FILHO, 2015).

Segundo França Neto et al. (2012) as sementes vigorosas têm maiores índices de velocidade de germinação e emergência, mesmo em condições estressantes. Têm vantagens competitivas sendo eficientes no aproveitamento de recursos naturais tais como nutrientes, água e luz e apresentam maior crescimento e maior acúmulo de massa seca das plântulas. Mesmo que os lotes apresentem alto vigor não há garantia de desempenho superior no campo ou ao longo de certo período de armazenamento, mas uma probabilidade de serem mais eficientes do que as menos vigorosas (MARCOS FILHO, 2015).

3 ARTIGO A: Desempenho de plantas de feijão azuki em função da população de plantas para a produção de sementes.

3.1 RESUMO

A busca por uma alimentação saudável e a popularização da culinária japonesa vem difundindo o consumo do feijão azuki (*Vigna angularis* (Willd.) Ohwi e Ohashi) pela população brasileira. Estudos sobre as melhores técnicas de manejo visando maiores produtividades, tal como a verificação do crescimento das plantas em diferentes populações, ainda são escassos, no entanto essenciais para o entendimento de espécies pouco conhecidas. Além disso é de suma importância averiguar a influência da população de plantas no potencial fisiológico das sementes, afim de produzir com mais eficiência e qualidade. O objetivo do trabalho foi avaliar o desempenho de plantas de feijão azuki cv. Coimbra produzidas em diferentes populações, em relação ao crescimento e rendimento, além de verificar o potencial fisiológico das sementes. O experimento foi conduzido na cidade de Londrina-PR, em blocos casualizados com quatro repetições por tratamento, no período de março a junho de 2016. Foram avaliadas quatro densidades de semeadura: 6, 9, 12 e 15 plantas por metro, o que resultou em populações de 133.333, 200.000, 266.666 e 333.333 plantas por hectare, semeadas manualmente com espaçamento de 0,45 m entre linhas em Latossolo Vermelho eutrófico. O crescimento das plantas foi avaliado por meio de dez colheitas seguindo o método de análise de crescimento, em intervalos de sete dias, calculando posteriormente a área foliar (AF), índice de área foliar (IAF), razão de massa foliar (RMF), razão de área foliar (RAF), área foliar específica (AFE), taxa de crescimento relativo (TCR) e taxa de assimilação líquida (TAL). Foram coletados quatro metros lineares da área central de cada parcela, com posterior determinação do teor de umidade e aferida a massa de sementes, utilizados para o cálculo de rendimento. O potencial fisiológico das sementes produzidas foi avaliado por meio dos testes de germinação e vigor, em que se verificou a porcentagem e a primeira contagem de germinação, o comprimento e massa seca de plântulas. Houve efeito das populações no índice de área foliar (IAF), no rendimento da cultura e na porcentagem de germinação das sementes, com aumento linear crescente para essas variáveis. O feijão azuki cv. Coimbra não tolera baixas temperaturas durante seu crescimento e desenvolvimento e as sementes produzidas nessas condições ambientais apresentam baixo potencial fisiológico.

Palavras-chave: Adzuki. Crescimento. *Vigna angularis* (Willd.) Ohwi e Ohashi. Densidade de semeadura. Vigor.

3.2 ABSTRACT

The search for a healthy diet and the popularization of Japanese cuisine has been spreading the consumption of the azuki bean (*Vigna angularis* (Willd.) Ohwi and Ohashi) by the Brazilian population. Studies on the best techniques of management aiming at greater productivity, such as the verification of the growth of the plants in

different populations, are still scarce, however essential for the understanding of little known species. In addition, it is of utmost importance to ascertain the influence of the plant population on the physiological potential of the seeds, in order to produce with more efficiency and quality. The objective of this work was to evaluate the performance of azuki bean cv. Coimbra produced in different populations, in relation to growth and yield, besides verifying the physiological potential of the seeds. The experiment was conducted in the city of Londrina-PR, in a randomized block with four replicates per treatment, from March to June 2016. Four seed densities were evaluated: 6, 9, 12 and 15 plants per meter, which resulted in populations of 133.333, 200.000, 266.666 and 333.333 plants per hectare, manually sowed with 0.45 m spacing between lines in Eutrophic Red Latosol. The plant's growth was evaluated by means of ten harvests following the method of growth analysis, at intervals of seven days, after calculating leaf area (L), leaf area index (LAI), leaf mass ratio (F_w), leaf area ratio (F_A), specific leaf area (S_A), relative growth rate (R_A) and net assimilation rate (E_A). Four linear meters of the central area of each plot were collected, with subsequent determination of the moisture content and the mass of seeds used to calculate the yield. The physiological potential of the seeds produced was evaluated by means of the germination and vigor tests, in which the germination percentage, germination count, seedling length and dry mass were determined. There was an effect of the populations on leaf area index (LAI), crop yield and percentage of seed germination, with increasing linear increase for these variables. The azuki bean cv. Coimbra does not tolerate low temperatures during its growth and development and the seeds produced in these environmental conditions present low physiological potential.

Key-words: Adzuki. Growth. *Vigna angularis* (Willd.) Ohwi e Ohashi. Seeding density. Vigor.

3.3 INTRODUÇÃO

O feijão azuki (*Vigna angularis* (Willd.) Ohwi e Ohashi) pertence à mesma família e gênero do feijão caupi (*Vigna unguiculata* L.), sendo cultivado principalmente em países asiáticos. No Brasil o consumo é crescente (VIEIRA, 2002) devido à popularização da culinária japonesa e pela busca de alimentos naturais que possuem propriedades nutracêuticas. É uma leguminosa que tem grande aceitação pelos seus consumidores e está no cardápio de pelo menos 1 bilhão de pessoas (YANG et al., 2015).

Suas sementes são fontes de proteínas, amido, vitaminas e minerais (YANG et al., 2015), além disso possui baixos níveis de gorduras e fácil digestibilidade se comparado ao feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) (DELICÉ et al., 2010), pela presença de fibra alimentar em sua composição e quantidades

adequadas de micronutrientes como ácido fólico, zinco e ferro (CHEN et al., 2015).

Os polifenóis que fazem parte da constituição das sementes podem atuar atenuando o estresse oxidativo das células e inflamações (JIANG et al., 2014; MUKAI; SATO, 2011). Os polissacarídeos têm ação antioxidante e imunomoduladora (YANG et al., 2015). O extrato das sementes pode inibir a elevação da pressão sanguínea (SATO et al., 2008), propiciar a modulação dos níveis de glicose no sangue e além de ter efeito protetor contra danos oxidativos em diabetes *mellitus* (ITOH et al., 2009), e servir como suplemento para a prevenção e imunoterapia contra o câncer (NAKAYA et al., 2012).

Mesmo com grande potencial para a manutenção da saúde, há informações insuficientes em relação à área cultivada, produção e número de produtores (ALMEIDA et al., 2013), bem como os métodos de manejo, o que dificulta obter altas produtividades e sementes de melhor qualidade.

A densidade de semeadura é uma das estratégias de manejo mais importantes para o rendimento de grãos, dessa forma o conhecimento sobre o comportamento e modificações tanto morfológicas quanto fisiológicas de populações de plantas permite identificar técnicas que visem potencializar a produção de sementes por área (SANGOI, 2000).

Essa alteração na população de plantas afim de alcançar o potencial produtivo sem perder a qualidade de sementes, ainda não está clara para os agricultores que se envolvem na produção de culturas pouco exploradas, pois a maioria dos estudos estão relacionados basicamente a feijões secos e soja (TUARIRA; MOSES, 2014).

Em altas populações as plantas dispostas lado a lado sombream-se mutuamente e dificultam a captação da radiação solar no dossel, afetando diretamente o processo de fotossíntese, o que proporciona menor produção de carboidratos e acúmulo de biomassa, agravando-se ainda mais possíveis deficiências hídrica e nutricional (LOPES; LIMA, 2015).

Para a avaliação da distribuição de plantas na área a análise de crescimento torna-se uma ferramenta essencial para as tomadas de decisão em relação à implantação da cultura, pois avalia o desenvolvimento vegetal e mensura o acúmulo de massa seca bem como a dimensão do aparelho fotossintetizante, ao longo da ontologia da cultura e evidencia a dinâmica da produção fotossintética e o efeito nos diferentes órgãos da planta (PEIXOTO; PEIXOTO, 2011).

A compreensão das variações nos índices fitométricos e o aproveitamento dos recursos naturais determinados pela população de plantas, bem como o conhecimento sobre os efeitos sobre o potencial fisiológico de sementes tem grande importância no sucesso no cultivo de feijão azuki, mas ainda deve ser explorado.

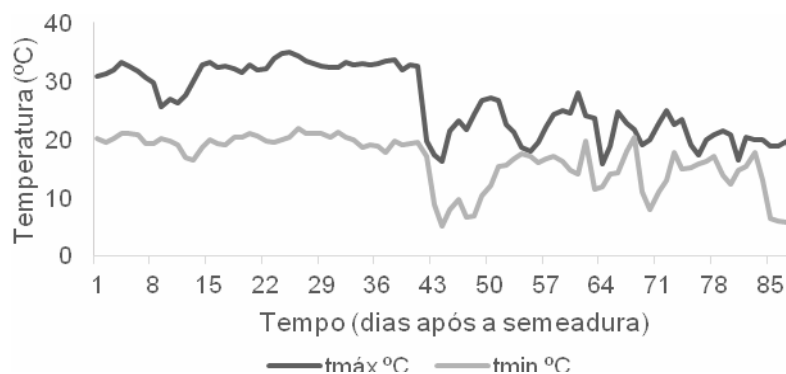
O potencial fisiológico das sementes é avaliado por meio dos testes de germinação e de vigor, de forma que no teste de germinação as sementes são expostas as melhores condições para que possa expressar todo seu potencial de formar plântulas normais (MARCOS FILHO, 2015). Já os testes de vigor são avaliações complementares que determinam o potencial dos lotes de sementes para uma emergência rápida e uniforme de plântulas normais mesmo sob condições desfavoráveis (BAALBAKI et al., 2009).

A produção de sementes de qualidade varia de acordo com a espécie e cultivar, sendo importante o desenvolvimento de estudos que visem adequar a população de plantas sobre o crescimento e desenvolvimento de plantas. Portanto, o objetivo do trabalho foi avaliar o desempenho de plantas de feijão azuki cv. Coimbra produzidas em diferentes populações, em relação ao crescimento e rendimento, além de verificar o potencial fisiológico das sementes produzidas.

3.4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de março a junho de 2016 na cidade de Londrina, PR (23° 19' S e 51° 12' W), altitude de 594 m, clima subtropical úmido (cfa), segundo a classificação de Köppen, caracterizado por verões quentes com tendência de acúmulo de chuvas neste período, média da temperatura do mês mais frio inferior a 18 °C e do mais quente superior a 22 °C, geadas pouco frequentes e sem estação seca definida (IAPAR, 2016).

Figura 1 - Temperaturas máximas e mínimas do período compreendido entre 16 de março a 13 de junho de 2016.



Fonte: IAPAR, Londrina, 2016.

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho eutrófico (EMPRAPA, 2006). Previamente à semeadura foram coletadas amostras da camada de 0 a 20 cm de profundidade e submetidas à análise química. Os resultados obtidos podem ser observados na tabela 1.

Tabela 1 - Análise química da camada superficial do solo (0-20 cm), Londrina 2015.

pH (smp)	Al ³⁺	H ⁺ Al	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	SB	CTC	P	MO	V
	----- cmolc dm ⁻³ -----						mg. dm ³	g.Kg ⁻¹ 1	%	
6,26	0	5,76	8,3	2,5	0,38	8,68	14,44	2,86	24,1	60,11

A correção mineral na linha de semeadura sucedeu-se aplicando-se 4 Kg de nitrogênio, 14 kg de P₂O₅ e 8 Kg de K₂O em 100 kg ha⁻¹. Aos 30 dias após a emergência, no início do florescimento, foi realizada a adubação de cobertura com 13,5 Kg ha⁻¹ de uréia (CO(NH₂)₂) como fonte de nitrogênio.

A cultivar de feijão azuki Coimbra, selecionada de uma mistura de variedades introduzidas do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) com o nome M-9 e hábito de crescimento determinado, foi obtida na Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) e semeada manualmente no dia 16 de março de 2016, procedendo o desbaste sete dias após a emergência das plântulas.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, em que foram avaliadas quatro densidades de semeadura: seis, nove, doze e quinze plantas m^{-1} , obtendo-se populações de 133.333, 200.000, 266.666 e 333.333 plantas ha^{-1} , com quatro repetições por tratamento.

As parcelas foram compostas por cinco linhas de cinco metros de comprimento, espaçamento de 0,45 m entre as mesmas, sendo separadas entre si por duas linhas de um material local de feijão azuki, com as mesmas dimensões de semeadura, em uma área de 208 m^2 .

Para o controle de pragas foram realizadas duas aplicações com o inseticida orgânico denominado Composto B® da empresa Agrobiotecnológica, à base de neem, crisântemo e timbó, na dose de 8 L ha^{-1} em 200 L de calda. Adicionalmente, para combater o ataque de formigas cortadeiras no início e no final do ciclo, foram espalhados 8 g de iscas formicida Landrex plus® à base de 0,024% Indoxacarb + 0,002% Fipronil, por m^2 de terra solta, próximo aos olheiros. O manejo das plantas daninhas foi realizado capinando manualmente a área até a oclusão das linhas de cultivo. Não houve a necessidade de aplicação de fungicidas. Foi realizada a irrigação por aspersão de acordo com a necessidade, afim de manter o solo na capacidade de campo.

As avaliações fitométricas iniciaram-se no 9º dia após a semeadura (DAS) e se estenderam por mais nove semanas, com intervalos de coleta de sete dias, ou seja, aos 9, 16, 23, 30, 37, 44, 51, 58, 65 e 72 DAS.

Em cada coleta foram amostradas plantas representativas da população, sendo estas cortadas na altura do solo. Retiraram-se dez na 1ª e 2ª coleta, seis na 3ª, quatro na 4ª e duas da 5ª à 10ª avaliação, e foram colocadas em sacos plásticos e armazenadas em câmara refrigerada até o momento das análises. As plantas foram separadas em folhas, caules e estruturas reprodutivas.

As folhas foram lavadas com água corrente e secas em papel toalha, e colocadas sob o scanner da multifuncional HP modelo PCS 1410. Com auxílio do software Gimp 2® foi feita a digitalização das imagens com resolução de 200 dpi e exportadas em formato .tif, posteriormente foi utilizado o software Image J® para o cálculo da área foliar (AF).

Para o índice de área foliar (IAF), definido como a razão entre a área foliar (AF) e a superfície do terreno (ST) (LOPES; LIMA, 2015), calculou-se a última variável, dividindo-se a quantidade de metros quadrados em um hectare, pelas

populações de plantas avaliadas. Posteriormente, transformando os valores encontrados para cm^2 .

Aferiu-se a altura do caule, do local do corte até o último nó vegetativo com uma régua graduada em centímetros e o diâmetro foi mensurado no centro do caule com um paquímetro digital.

Por fim, todo o material foi colocado separadamente em sacos de papel, levado à estufa de circulação de ar forçado à $55,5\text{ }^\circ\text{C}$ até atingir massa constante, e transferidas para um dessecador, para então ser aferida a biomassa seca em uma balança centesimal de precisão.

A colheita das sementes foi realizada aos 89 dias após a semeadura em que foram colhidos dois metros das duas linhas centrais de cada parcela, em área útil de $1,8\text{ m}^2$. Houve a necessidade da retirada das plantas inteiras da área experimental, as quais foram deixadas sobre bancadas na altura de $1,2\text{ m}$ em uma casa de vegetação para retirar a umidade das vagens. Após a secagem do material, as vagens foram debulhadas manualmente e as sementes pesadas em balança centesimal de precisão.

Posteriormente foi verificada a umidade dos grãos com o medidor portátil Gehaka 600®. A produtividade foi determinada corrigindo-se a umidade para 13% e os resultados convertidos em Kg ha^{-1} .

Os resultados da razão de massa foliar (RMF), razão de área foliar (RAF), área foliar específica (AFE) e taxa de crescimento relativo (TCR), taxa de assimilatória líquida (TAL) foram obtidos de acordo com as fórmulas contidas em Lopes e Lima (2015).

RMF- Razão de massa foliar (g g^{-1}) é a relação entre a massa foliar (mf) e a massa seca total (mst).

$$RMF = \frac{mf}{mst}$$

RAF= Razão de Área Foliar ($\text{m}^2 \text{g}^{-1}$) é relação entre a área foliar (AF) e a massa seca total (mst).

$$RAF = \frac{AF}{mst}$$

AFE-Área Foliar Específica ($\text{m}^2 \text{g}^{-1}$), razão da área foliar (AF) pela massa seca foliar (mf).

$$AFE = \frac{AF}{mf}$$

TCR- Taxa de crescimento relativo ($\text{g g}^{-1} \text{dia}^{-1}$) é a taxa de incremento de biomassa por unidade de biomassa preexistente.

$$TCR = \frac{(\ln b2 - \ln b1)}{(t2 - t1)}$$

TAL-Taxa de Assimilação Líquida ($\text{g m}^2 \text{dia}^{-1}$) expressa a taxa de incremento de biomassa (b) em determinado tempo (t) em relação à área foliar (AF).

$$TAL = \frac{(b2 - b1)}{(AF2 - AF1)} \times \frac{(\ln AF2 - \ln AF1)}{(t2 - t1)}$$

As sementes colhidas tiveram seu potencial fisiológico avaliado por meio dos testes de germinação e vigor. As variáveis analisadas foram porcentagem de germinação, 1ª contagem da germinação, comprimento e massa seca de plântulas.

O teste de germinação consistiu na semeadura de quatro repetições por tratamento de 50 sementes, alinhadas entre três folhas de papel Germitest®, umedecidos com água destilada na proporção de 2,5 vezes a massa das folhas secas. Os conjuntos de rolos foram acondicionados em germinador tipo Mangelsdorf na temperatura 25 °C. A avaliação foi efetuada no 4º e 10º dia (BRASIL, 2009). Ao final do teste, foram contabilizadas as sementes normais, e os resultados expressos em porcentagem.

A primeira contagem da germinação foi realizada computando-se o número de sementes com protrusão de radícula maior que 5 mm, no quarto dia após a instalação do teste de germinação (BRASIL, 2009).

Mensurou-se o comprimento, com o auxílio de uma régua graduada em centímetros, da parte aérea e das raízes de dez plântulas aleatórias por

repetição. Para a determinação da massa seca de plântulas foi feita a secagem desse material em estufa de circulação de ar forçado a 55,5 °C até massa constante, e posteriormente aferida em balança analítica de precisão.

O efeito da população de plantas na semeadura de feijão azuki cv. Coimbra em relação às variáveis de crescimento, produtividade e potencial fisiológico de sementes foi avaliado por meio da análise de variância pelo Teste F ($p \leq 0,05$), verificando-se antecipadamente a homogeneidade de variâncias pelo Teste de Hartley (5%) e a normalidade pelo teste Shapiro Wilk (5%). Além disso foi realizada uma análise de regressão na décima coleta ($p \leq 0,05$), para as variáveis de crescimento, utilizando-se o software Curve Expert 1.4® para a adequação das curvas e o Excel® para a construção dos gráficos.

3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.5.1 Desenvolvimento Foliar

A área foliar (AF), que corresponde ao somatório da área das lâminas foliares da planta, e o índice de área foliar (IAF), o qual representa a relação entre a área foliar e a superfície do terreno sombreada pelas folhas (CAIRO et al., 2008), aumentaram em todos os tratamentos ao longo do desenvolvimento da cultura, atingindo valores máximos aos 65 dias após a semeadura.

Após esse período nota-se o início da redução dessas variáveis (Figuras 2a e 2c). Apesar do comportamento semelhante entre AF e IAF, houve diferença significativa entre as populações de plantas somente para a última variável, de acordo com o Teste F ($p \leq 0,05$) (Tabela 2), com um ajuste linear crescente em função do aumento populacional (Figura 2b).

Em relação à razão de massa foliar (RMF), que corresponde a porção de fotoassimilados que permanece retida nas folhas e que não é translocada para outras regiões da planta, razão de área foliar (RAF), ou seja, a área fotossinteticamente útil para a ocorrência da fotossíntese e a área foliar específica (AFE) indicador da espessura das folhas e tem relação com a composição do mesófilo foliar (CAIRO et al., 2008), apresentaram acréscimo gradativo ao longo da fase vegetativa perdurando até o início do período reprodutivo, atingindo os menores valores de RMF e RAF aos 72 dias. Por outro lado, a AFE mostrou-se praticamente

constante até a última coleta, mesmo assim as plantas avaliadas para as três variáveis manifestaram comportamento semelhante para todas as populações testadas, ou seja, não apresentaram diferenças estatísticas entre si (Tabela 2).

Figura 2. Índice de área foliar (IAF) (a), ajuste linear do IAF (b), área foliar (AF) (c), razão de massa foliar (RMF) (d), razão de área foliar (RAF) (e) e área foliar específica (AFE) (f) ao longo do crescimento e desenvolvimento de plantas de feijão azuki cv. Coimbra nas populações P1=133.333, P2=200.000, P3=266.666 e P4=333.333 plantas ha⁻¹.

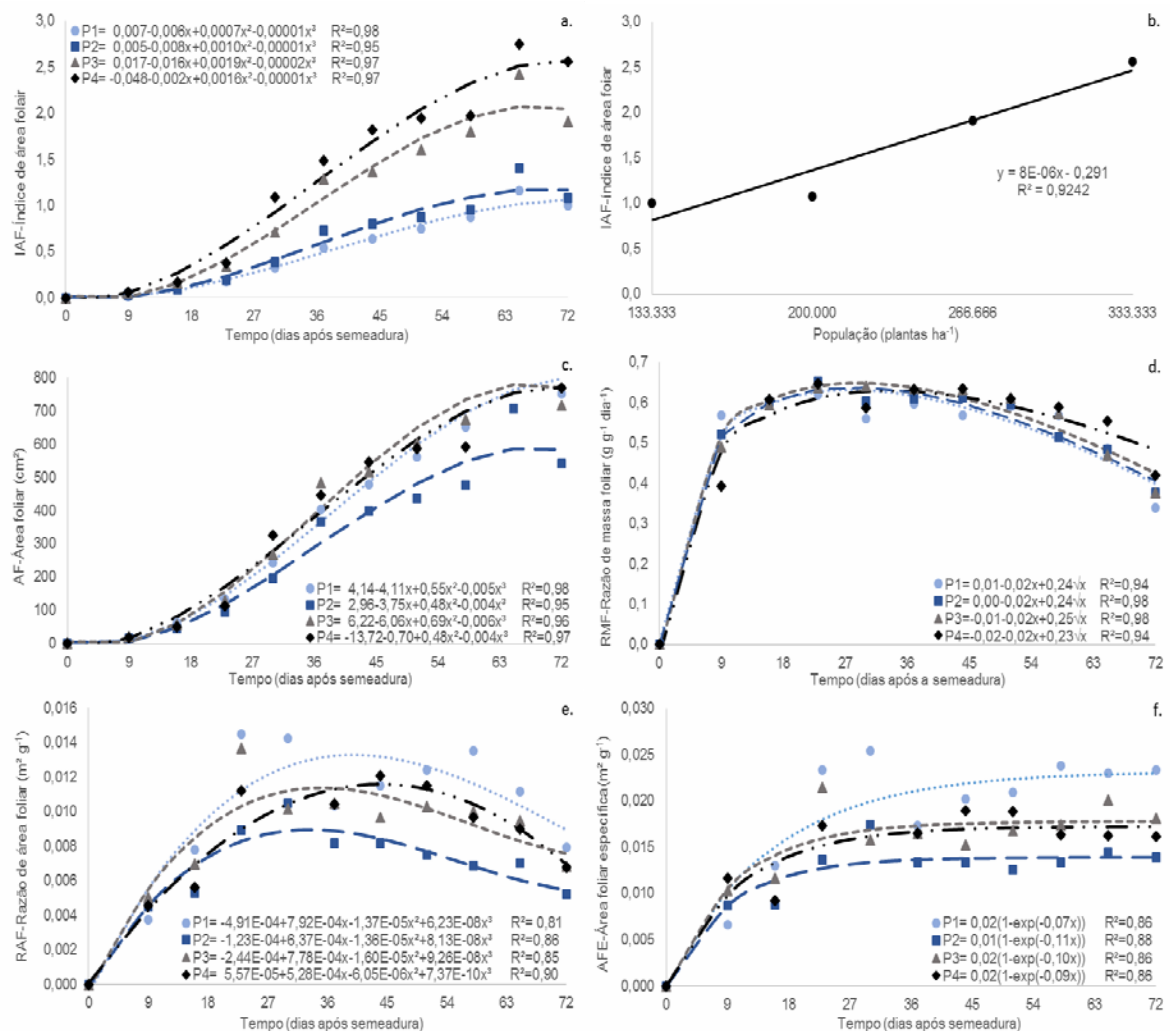


Tabela 2. Quadrado médio das variáveis: AF- área foliar (cm²), IAF- Índice de área foliar, RMF- razão de massa foliar (g g⁻¹), RAF- Razão de área foliar (m² g⁻¹), AFE- Área foliar específica (m² g⁻¹) de feijão azuki cv. Coimbra semeadas em quatro populações 133.333, 200.000, 266.666 e 333.333 plantas ha⁻¹, na cidade de Londrina- PR, aos 72 dias após a semeadura.

Fontes de variação	Quadrado médio				
	AF	IAF	RMF	RAF	AFE
Bloco	19032,90 ^{ns}	0,9 ^{ns}	0,0004 ^{ns}	4,00E-06 ^{ns}	2,10E-05 ^{ns}
População (P)	43154,51 ^{ns}	2,16 ^{**}	0,002 ^{ns}	3,00E-06 ^{ns}	3,30E-05 ^{ns}
D-Linear	9175,65	5,99 ^{**}	0,0003	1,00E-06	1,70E-05
D- Quadrático	67437,60	0,32 ^{ns}	0,003	8,00E-06	2,30E-05
D-Cúbico	52850,29	0,18 ^{ns}	0,0002	5,00E-06	6,00E-05
Resíduo	16142,29	0,10	0,0006	1,00E-06	1,00E-05
Média	693,90	1,64	0,39	0,007	0,017
C.V. (%)	18,31	19	6,53	18	18,85

*, ** e ns: Significativo a 5%, 1% e não significativo pelo Teste F a 5% de significância.

Após a emergência das plântulas até o início do período reprodutivo, há um intenso acréscimo no número e na massa de folhas associado à expansão dessa superfície fotossintetizante (SANT'ANA; SILVEIRA, 2008), nesta fase grande parte do que é produzido pela fotossíntese é drenado pelas folhas, para a concretização desse processo, e o restante é direcionado para o crescimento e desenvolvimento do caule, ramos e raízes (ZABOT et al. 2004).

As folhas jovens são drenos até adquirirem um terço do seu tamanho na maturação, a partir do momento em que atingem essa dimensão passam efetivamente a contribuir para a produção de carboidratos, reduzindo o conteúdo desse produto nessas estruturas (LOPES; LIMA, 2015; SANT'ANA; SILVEIRA, 2008; ZABOT et al., 2004), em virtude da translocação de fotoassimilados para outras regiões da planta, com o propósito de suprir a formação e desenvolvimento de drenos altamente competitivos tais como flores, vagens e sementes, uma vez que nesse momento há a redução da produção de novas folhas, pois a maioria delas já atingiu o grau de maturação (JAUER et al., 2003; URCHEI et al., 2000).

Então há uma propensão no incremento dos valores de AF e IAF no início do desenvolvimento do feijoeiro, atingindo valores máximos durante a

formação e desenvolvimento das estruturas reprodutivas (SANTOS et al., 2015; NÓBREGA et al. 2001), quando as folhas cobrem 100% da superfície do terreno (JAUER et al., 2003). O índice de área foliar elevado está associado ao melhor aproveitamento da radiação luminosa e ganhos no potencial produtivo (LOPES; LIMA, 2015).

Para promover maior interceptação da energia radiante e produção de fotoassimilados, naturalmente há o acúmulo de camadas mais espessas de folhas na parte superior do dossel, diante disso, plantas mais adensadas aumentam essa camada de folhas e por consequência o autossombreamento, dificultando a interceptação da luz incidente nas regiões inferiores e promovendo a senescência precoce das folhas do baixeiro (ZABOT et al., 2004).

O sombreamento das folhas jovens sobre as mais velhas, expõe as primeiras ao sol e as demais à sombra, há então uma adaptação dessa estrutura fotossintetizante às condições luminosas, ocorrendo modificações na disposição das células no parênquima, no sistema vascular e na espessura da parede celular, resultando na maior massa e menor AFE nas folhas expostas ao sol e o contrário para as de sombra (CAIRO et al., 2008), diante disso a tendência é ser maior no início do ciclo e posteriormente reduzir conforme o autossombreamento vai se concretizando.

Essa interferência das folhas superiores sobre as inferiores também reduz a área útil para a captação de energia luminosa, provocando declínio da RAF, ou seja, da superfície foliar disponível para a ocorrência da fotossíntese diante do desenvolvimento do dossel (BENINCASA, 2003 apud. CAIRO et al., 2008). Diversos pesquisadores trabalhando com cultivares de feijão comum verificaram acréscimo na RAF aos 30-37 dias após a emergência (DAE) (SILVA et al., 2013; NOBREGA et al., 2001), com posterior declínio no final do ciclo.

No final do período reprodutivo a produção de novas folhas cessa em virtude dos processos de senescência e abscisão foliar e pela mobilização de assimilados presentes nas folhas e órgãos de armazenamento para as estruturas reprodutivas em expansão (SANTOS et al., 2015).

Durante a ontogenia do cultivo houve queda drástica da temperatura no início do florescimento e no final do ciclo (Figura 1). Pelo fato dos feijões serem sensíveis a baixa temperatura é muito comum a redução da produção de ramos e o aumento do abortamento das sementes pela má formação dessas estruturas

(TSUMANUMA; LUNZ, 2008). Dessa forma as variações das condições ambientais provavelmente promoveram alterações morfológicas, interferindo na dinâmica de crescimento, na produção e translocação de assimilados, repercutindo no rendimento final (SANT'ANA; SILVEIRA, 2008).

3.5.2 Desenvolvimento do Dossel

A massa seca da parte aérea, a qual é representada pelo somatório das folhas, caule, ramos e estruturas reprodutivas: flores e vagens desidratadas, apresentou comportamento crescente ao longo da ontogenia da cultura.

Nas figuras 3a, 3b, 3c e 3d nota-se que durante o estabelecimento da cultura ao final dos estádios vegetativos, aproximadamente aos 30 DAS, houve o acúmulo lento de matéria seca pelas plantas de feijão azuki em todas as populações avaliadas.

Posteriormente, no início dos estádios reprodutivos verifica-se o acréscimo desta variável até os 72 DAS, associado ao incremento do tamanho e da biomassa em diferentes partes da planta, afim de suportar a formação e desenvolvimento das estruturas reprodutivas.

Ao verificar os valores do quadrado médio do resíduo da análise de variância (Tabela 3) constata-se que as populações avaliadas não apresentaram diferenças significativas em relação a massa seca da parte aérea, assim como das estruturas reprodutivas aos 72 DAS.

Figura 3. Médias do somatório da massa seca da parte aérea (g) (PA= caule + folhas+ ramos e ER) e (ER= estruturas reprodutivas: flores e vagens) ao longo do crescimento e desenvolvimento de plantas de feijão azuki cv. Coimbra, semeadas nas populações P1=133.333 (a), P2=200.000 (b), P3=266.666 (c) e P4=333.333 (d) plantas ha⁻¹.

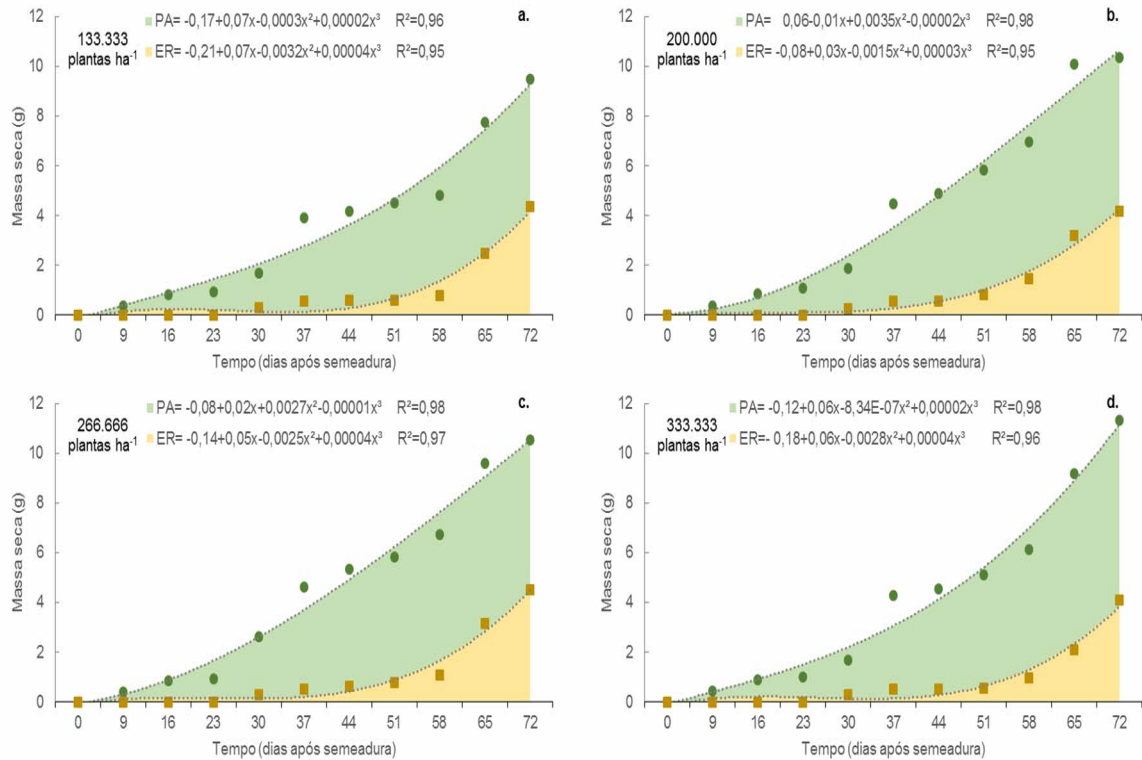


Tabela 3- Quadrado médio das variáveis: massa seca da parte aérea (MS PA) composta por caule, folhas, ramos e vagens (g) e massa seca das estruturas reprodutivas (MS ER) representada pelas vagens (g) de feijão azuki cv. Coimbra semeadas nas populações 133.333, 200.000, 266.666 e 333.333 plantas ha⁻¹, na cidade de Londrina-PR, aos 72 dias após a semeadura.

Fontes de variação	Quadrado médio	
	MS PA	MS ER
Bloco	0,76 ^{ns}	0,50 ^{ns}
Densidade (D)	0,12 ^{ns}	1,20 ^{ns}
D-Linear	0,10	3,23
D- Quadrático	0,14	0,54
D-Cúbico	0,11	0,32
Resíduo	0,80	12,71
Média	4,34	10,6
C.V. (%)	20,60	11,21

*, ** e ns: Significativo a 5%, 1% e não significativo pelo Teste F a 5% de significância.

O acúmulo de massa seca no início do desenvolvimento da planta, até 37 DAS, é gradual e vagaroso pelo fato da absorção de água e nutrientes serem insuficientes para promover a aceleração das atividades metabólicas necessárias para a ativação dos processos fisiológicos que desencadeiam o crescimento vegetal. Logo após inicia-se o período reprodutivo que se prolonga até aproximadamente os 45 DAS, momento em que há necessidade de maior quantidade e velocidade na produção e acúmulo de fotoassimilados para a manutenção do caule e a formação de ramos, gemas e folhas afim de promover a potencialização do crescimento durante o enchimento de grãos, atingindo ponto máximo entre 59 a 67 DAS (SANT'ANA; SILVEIRA, 2008; NÓBREGA et al., 2001), com acúmulo até os 85 DAE (ZUCARELI et al., 2010).

Santos et al. (2015) trabalhando com cultivares de feijão verificaram que no período vegetativo as folhas representam cerca de 66 a 84% da massa seca acumulada, e essa quantidade se reduz para valores entre 66 a 77% no início do florescimento, intensificando-se no final do ciclo, para 3 a 10%, aos 90 DAS. Por outro lado, constata-se o aumento e expansão das estruturas reprodutivas as quais constituem de 70 a 79% da MS acumulada neste último período.

Jauer et al. (2003) estudando o comportamento de plantas de feijão semeadas em populações de 200, 300, 400 e 500 mil plantas ha⁻¹ também verificaram o acúmulo crescente de matéria seca em todas as densidades avaliadas, do início do desenvolvimento das plântulas até os 75 DAE, chegando neste período com concentrações praticamente iguais de MS, demonstrando assim, a habilidade de adaptação desses indivíduos ao local de cultivo.

3.5.3 Análise de Crescimento

A taxa de crescimento relativo (TCR), a qual expressa o incremento na massa de matéria seca, por unidade de peso inicial, em um intervalo de tempo e a taxa de assimilação líquida (TAL), que reflete a capacidade da planta em aumentar sua fitomassa em função de sua superfície assimilatória, em determinado intervalo de tempo (CAIRO et al., 2008), mantiveram comportamento decrescente até atingirem valores próximos à zero na última avaliação (Figura 4). Ambas as variáveis não foram significativas pelo Teste F ($p \leq 0,05$) na última coleta, ou seja, aos 72 DAS (Tabela 4).

Figura 4. Taxa de crescimento relativo (TCR) (a) e Taxa de assimilação líquida (TAL) (b) ao longo do crescimento e desenvolvimento de plantas de feijão azuki cv. Coimbra, semeadas nas populações P1=133.333, P2=200.000, P3=266.666 e P4=333.333 plantas ha⁻¹, em Londrina-Pr.

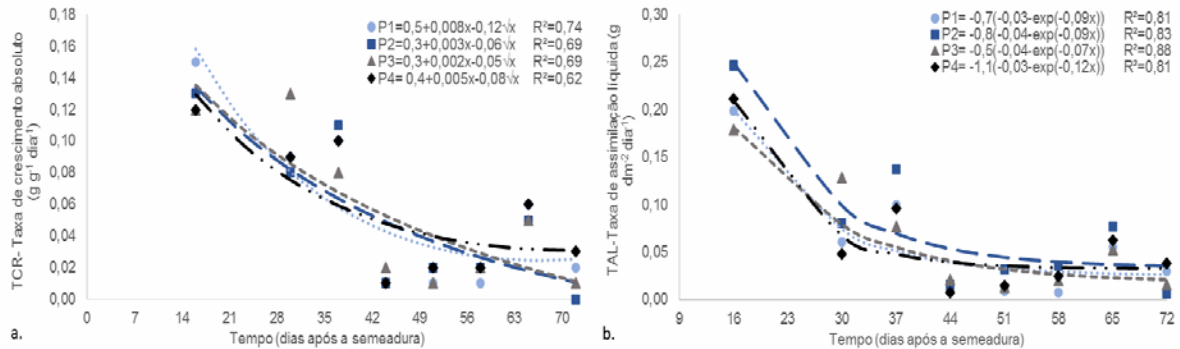


Tabela 4. Quadrado médio das variáveis: taxa de crescimento relativo (TCR) (g g⁻¹ dia⁻¹) e taxa de assimilação líquida (TAL) (g m⁻² dia⁻¹) de plantas de feijão azuki cv. Coimbra semeadas nas populações 133.333, 200.000, 266.666 e 333.333 plantas ha⁻¹, na cidade de Londrina-PR, aos 72 dias após a semeadura.

Fontes de variação	Quadrado médio	
	TCR	TAL
Bloco	9,00E-05 ^{ns}	0,014 ^{ns}
Densidade (D)	8,10E-04 ^{ns}	0,0065 ^{ns}
D-Linear	1,10E-05	2,0E-05
D- Quadrático	0,0023	0,018
D-Cúbico	1,51E-04	0,013
Resíduo	2,70E-04	0,004
Média	0,021	0,069
C.V. (%)	79,28	92,22

*, ** e ns: Significativo a 5%, 1% e não significativo pelo Teste F a 5% de significância.

Comportamento semelhante foi constatado por Santos et al. (2015) em feijão comum, ou seja, aos 14 DAS as folhas ainda não adquiriram o tamanho e quantidade suficiente para a máxima produção de assimilados, mesmo assim neste período há grande eficiência foliar, logo após, verifica-se certa estabilidade nos valores entre 28 e 70 DAE e posteriormente ocorre um decréscimo dessa variável, pela morte e abscisão dessas estruturas fotossintetizantes (ZABOT et al., 2004). Os

últimos autores mencionam sobre a tendência da TAL ser inversa ao IAF até os 60 DAE, mas não na mesma proporção.

De acordo com o observado por Santana e Silveira (2008) a TCR foi decrescente do início ao fim do ciclo devido ao incremento de matéria seca, da atividade respiratória, do autossombreamento, o qual pode dificultar a habilidade da planta em produzir novas folhas. Além disso pode estar associado à formação e expansão das estruturas reprodutivas somada à senescência e abscisão foliar no fim do período reprodutivo (SANTOS et al., 2015).

3.5.4 Rendimento e Potencial Fisiológico de Sementes

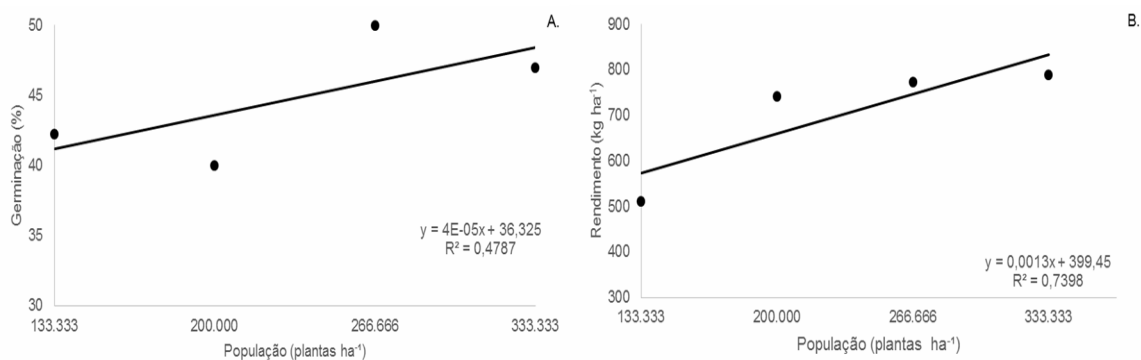
Apenas as variáveis rendimento e germinação foram significativas pelo Teste F ($p \leq 0,05$) (Tabela 5), com ajuste linear crescente em relação ao aumento populacional (Figura 5).

Tabela 5. Quadrado médio das variáveis: Rendimento de sementes (REND) (kg ha^{-1}), G%- porcentagem de germinação (G%) (%), primeira contagem de germinação (1°C) (%), comprimento dos hipocótilos e radículas (CH e CR) (cm) e massa seca dos hipocótilos e radículas (MSH e MSR) (g) de plântulas de feijão azuki cv. Coimbra semeadas nas populações 133.333, 200.000, 266.666 e 333.333 plantas ha^{-1} , na cidade de Londrina, PR.

Fontes de variação	Quadrado médio						
	REND	G%	1°C	CH	CR	MS H	MS R
Bloco	1559,02 ^{ns}	11,5 ^{ns}	3,39 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,35 ^{ns}	0,010 ^{ns}	0,00 ^{ns}
População (P)	68092,73 ^{**}	80,17 [*]	14,56 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,38 ^{ns}	0,003 ^{ns}	0,008 ^{ns}
D-Linear	1511121,03 ^{**}	110,44 ^{**}	5,51	0,04	0,007	0,001	0,002
D- Quadrático	46332,56 [*]	0,00 ^{ns}	3,06	0,07	0,06	0,005	0,004
D-Cúbico	6824,58 ^{ns}	130,06 ^{**}	35,11	0,01	1,06	0,003	0,018
Resíduo	7274,23	9,66	6,28	0,21	0,54	0,020	0,005
Média	703,39	44,5	21,81	5,02	11,67	0,47	0,39
C.V. (%)	12,12	6,99	11,49	9,2	6,3	9,91	19,68

*, ** e ns: Significativo a 5%, 1% e não significativo pelo Teste F a 5% de significância.

Figura 5. Ajuste linear para as variáveis rendimento (kg ha^{-1}) e porcentagem de germinação (%) de plântulas de feijão azuki cv. Coimbra de lotes de sementes colhidos em populações de 133.333, 200.000, 266.666 e 333.333 plantas ha^{-1} na cidade de Londrina, Pr.



Trung e Yoshida (1985) trabalhando com feijão mungo (*Vigna radiata* L.) verificaram que o aumento da densidade de plantas promove o acréscimo de acúmulo de massa seca por unidade de área e maiores valores de IAF, no entanto menor quantidade de massa seca produzida por planta, mesmo assim há ganhos em produtividade considerando o conjunto de indivíduos.

Embora o aumento da população de plantas tenha proporcionado maior rendimento, nenhuma alcançou 1000 Kg ha^{-1} (AMBROSANO et al., 2015). Da mesma forma Vieira et al. (2000) avaliando o desempenho da mesma cultivar de feijão azuki, semeada no mês de abril na região da Zona da Mata de Minas Gerais, constataram produtividades de 200 a 800 Kg ha^{-1} , corroborando aos resultados obtidos no presente trabalho. Verifica-se então, o mesmo comportamento na cidade de Londrina, ou seja, esta cultivar não tolera baixas temperaturas.

A porcentagem de germinação na densidade de 333.333 plantas ha^{-1} foi superior aos demais tratamentos (Tabela 5), no entanto é considerada baixa se comparada à mínima para a comercialização do feijão que é de 80% (BRASIL, 2013). Uma das possíveis causas para esses resultados pode estar associada a dormência por impermeabilidade do tegumento das sementes pertencentes à família das fabáceas, essa característica, além de ser controlada geneticamente sofre influências das condições ambientais no período de acúmulo de massa (MARCOS FILHO, 2015).

Este resultado contrasta com outros pesquisadores, os quais avaliando a qualidade fisiológica de lotes da mesma espécie obtiveram porcentagens de germinação acima desse patamar (TAVARES et al., 2015; ALMEIDA et al., 2013). Amaro et al. (2014) estudando o comportamento de quatro cultivares de feijão comum cultivado nas densidades de 100, 200 300, 400 e 500 mil plantas ha⁻¹ verificaram que apenas uma cultivar teve pior desempenho em todas densidades avaliadas, com germinação aproximada de 50%, devido ao porte ereto e pouco ramificado, coincidindo com o da Coimbra.

Além disso, o ambiente de produção sofreu reduções de temperatura no início dos estádios reprodutivos e uma geada no final do ciclo, esses fatores provavelmente provocaram consequências irreversíveis no desenvolvimento e maturação das sementes.

Segundo Marcos Filho (2015) as sementes colhidas antecipadamente possivelmente não completaram sua formação, resultando em sementes com baixo vigor e menor massa seca acumulada, já que os fatores climáticos aos quais as plantas cultivadas são submetidas durante o desenvolvimento e maturação das sementes podem influenciar a germinação das mesmas (TUARIRA; MOSES, 2014).

3.6 CONCLUSÕES

Houve efeito das populações no índice de área foliar (IAF), no rendimento da cultura e na porcentagem de germinação das sementes, com aumento linear crescente para essas variáveis.

O feijão azuki cv. Coimbra não tolera baixas temperaturas durante seu crescimento e desenvolvimento e as sementes produzidas nessas condições ambientais apresentam baixo potencial fisiológico.

4 CONCLUSÕES GERAIS

O feijão azuki tem grande potencial como fonte de vitaminas e minerais para a população brasileira. As plantas produzidas nas populações 133.333, 200.000, 266.666 e 333.333 apresentaram diferenças significativas em relação as variáveis índice de área foliar (IAF), rendimento e porcentagem de

germinação, com aumento linear crescente conforme há o aumento da populacional. No entanto ainda há necessidade de mais estudos sobre esse tema.

A queda de temperatura no início dos estádios reprodutivos e a geada no período próximo à maturação das sementes afetou negativamente a formação e o desenvolvimento dessas estruturas, reduzindo o potencial fisiológico dos lotes produzidos.

5 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, D. P.; RESENDE, O.; MENDES, U. C.; COSTA, L. M.; CORRÊA, P. C.; ROCHA, A. C. Influência da secagem na qualidade de sementes de feijão adzuki. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 8, n. 2, p. 311-315, abr./jun. 2013.

AMARO, H. T. R.; DAVID, A. M.S. S.; CARVALHO, A. J.; VIEIRA, N. M. B.; ASPIAZÚ, I.; ASSIS, M. O. Qualidade fisiológica de sementes de cultivares de feijão em função de densidades populacionais. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, n. 3, p. 1241-1248, maio/jun. 2014.

AMBROSANO, E. J.; WUTKE, H. B.; KASAI, F. S.; ESTEVES, J. A. Feijão-Adzuki (*Vigna angularis* (Willd.) Owhi e Ohashi) Feijão-Arroz (*Vigna umbellata* (Thumb.) Owhi e Ohashi). In: AGUIAR, A. T. E.; GONÇALVES, C.; PATERNIANI, M. E. A. G. Z.; TUCCI, M. L. S.; CASTRO, C. E. F. **Boletim 200 Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas**. 7 ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 2014. p.173-174.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; SANGOI, L. Arranjo de plantas em milho: análise do estado-da-arte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 6, p. 1075-1084, nov./dez. 2001.

BAALBAKI, R. Z.; ELIAS, S.; MARCOS FILHO, J.; MCDONALD, M. B. **Seed vigor testing handbook**. Ithaca: AOSA, 2009. 341 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399 p.

BRASIL. Ministro da agricultura, pecuária e abastecimento. Instrução normativa nº 45. Estabelecer os padrões de identidade e qualidade para a produção e a comercialização de sementes de várias culturas inscritas no Registro Nacional de Cultivares - RNC e não contempladas com padrão específico, a partir do início da safra 2013/2014, na forma dos Anexos I a XXX desta Instrução Normativa. **Instrução Normativa MAPA 45/2013**, Brasília, 17 de setembro de 2013.

CAIRO, P. A. R.; OLIVEIRA, L. E. M.; MESQUITA, A. C. **Análise de crescimento de plantas**. Vitória da Conquista: Edições UESB, 2008. 71 p.

CHEN, H.; LIUZ, L.; WANG, L.; WANG, S.; SOMTA, P.; CHENG, X. Development and validation of EST-SSR markers from the transcriptome of adzuki bean (*Vigna angularis*). **Plos One**, San Francisco, v. 10, n. 7, p. 1-14, jul. 2015.

CHENG, X.; TIAN, J. Status and future perspectives of Vigna (mungbean and azuki bean) production and research in China. In: TOMOOKA, N.; VAUGHAN, D. A.; editors. **The 14th NIAS international workshop on genetic resources** – Genetic resources and comparative genomics of legumes (Glycine and Vigna). Tsukuba: National Institute of Agrobiological Science, p. 83-86, 2011.

COLLANTES, T. M.; RHO, M.; KWON, H.; JUNG, B.; ALFAJARO, M. M.; KIM, D.; KIM, H.; HOSMILLO, M.; PARK, J.; SON, K.; PARK, S.; KANG, M.; PARK, S.; LEE, S. W.; LEE, W.; CHO, K. Azuki bean (*Vigna angularis*) extract inhibits the development of experimentally induced atopic dermatitis-like skin lesions in NC/Nga mice. **Food Chemistry**, Amsterdã, v. 132, n. 3, p. 1269-1275, jun. 2012.

DELIĆ, D.; STAJKOVIĆ, O.; RASULIĆ, N.; KUZMANOVIĆ, D.; JOŠIĆ, D.; MILIČIĆ, B. Nodulation and N₂ Fixation Effectiveness of Bradyrhizobium Strains in Symbiosis with Adzuki Bean, *Vigna angularis*. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 53, n. 2, p. 293-299, mar./abr. 2010.

EMBRAPA- Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora UFV, 2006. 306 p.

FONTES, P. C. R.; DIAS, E. N.; SILVA, D. J. H. Dinâmica do crescimento, distribuição de matéria seca na planta e produção de pimentão em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 1, p. 94-99, jan./mar. 2005.

FRANÇA-NETO, J. de B.; KRZYZANOWSKI, F. C. HENNING, A. A. Plantas de alto desempenho e a produtividade da soja. **Seed News**, Pelotas, v. 16, n. 6, p. 8-11, nov./dez. 2012.

HAN, L. L.; WANG, E. T.; LU, Y. L.; ZHANG, Y. F.; SUI, X. H.; CHEN, W. F.; CHEN, W. X. *Bradyrhizobium* spp. and *Sinorhizobium fredii* are predominant in root nodules of *Vigna angularis*, a native legume crop in the subtropical region of China. **The journal of microbiology**, Berlim, v. 47, n. 3, p. 287-296, jun. 2009.

IAPAR- Instituto agrônomo do Paraná. **Agrometeorologia: Dados diários de Londrina**. Disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=1828>>. Acesso em: ago. 2016.

ITOH, T.; KOBAYASHI, M.; HORIO, F.; FURUICHI, Y. Hypoglycemic effect of hot-water extract of adzuki (*Vigna angularis*) in spontaneously diabetic KK-A(y) mice. **Nutrition**, Amsterdã, v. 25, n. 2, p. 134-141, fev. 2009.

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 FZVA**, Uruguaiana, v. 10, n. 1, p. 1-12, 2003.

JIANG, Y. ZENG, K.; DAVID, B.; MASSIOT, G. Constituents of *Vigna angularis* and their in vitro anti-inflammatory activity. **Phytochemistry**, Amsterdã, v. 107, p. 111-118, nov. 2014.

KAGA, A.; ISEMURA, T.; TOMOOKA, N.; VAUGHAN, D. A. The Genetics of Domestication of the Azuki Bean (*Vigna angularis*). **Genetics research**, Cambridge, v. 178, p. 1013-1036, fev. 2008.

LOPES, N. F.; LIMA, M. G. S. **Fisiologia da produção**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2015. 492 p.

LUMPKIN, T. A.; MCCLARY, D. C. **Azuki bean: botany, production and uses**. Wallingford, UK: CAB international. 1994. 268 p.

MARCOS FILHO, J. Testes de vigor: Importância e utilização. In: **Vigor de sementes: conceitos e testes**. KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. de B. Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes, Comitê de Vigor de Sementes. Londrina: ABRATES, 1999. p. 1-21.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de Sementes de Plantas cultivadas**. Londrina: ABRATES, 2015. 660 p.

MOJADDAM, M.; NOURI, A. The Effect of Sowing Date and Plant Density on Yield and Yield Components of Cowpea. **Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences**, Agra, v. 3, n. 8, p. 31-36, jul. 2014.

MUKAI, Y.; SATO, S. Polyphenol-containing azuki bean (*Vigna angularis*) extract attenuates blood pressure elevation and modulates nitric oxide synthase and caveolin-1 expressions in rats with hypertension. **Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases**, Amsterdã, v. 19, p. 49-497, set. 2011.

NAKAYA, K.; NABATA, Y.; ICHIYANAGI, T.; AN, W. W. Stimulation of dendritic cell maturation and induction of apoptosis in leukemia cells by a heat-stable extract from azuki bean (*Vigna angularis*), a promising immunopotentiating food and dietary supplement for cancer prevention. **Asian Pacific Journal of Cancer Prevention**, Teerã, v. 13, n. 2, p. 607-611, fev. 2012.

NÓBREGA, J. Q.; RAO, T. V. R.; BELTRÃO N. E. M.; FIDELES, J. F. Análise de crescimento do feijoeiro submetido a quatro níveis de umidade do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5, n. 3, p. 437-443, set./dez. 2001.

PEIXOTO, C. P.; CRUZ, T. V.; PEIXOTO, M. F. S. P. Análise quantitativa do crescimento de plantas: Conceitos e Prática. **Enciclopédia Biosfera- Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v. 7, n. 13, p. 51-76, 2011.

SANGOI, L. Understanding plant density effects on maize growth and development: an important issue to maximize grain yield. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 1, p. 159-168, jan./fev. 2000.

SANT'ANA, E. V. P.; SILVEIRA, P. M. Crescimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) influenciado por doses de nitrogênio em cobertura. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 38, n. 2, p. 134-140, jun. 2008.

SANTOS, L. A.; SORATTO, R. P.; FERNANDES, A. M.; GONSALES, J. R. Crescimento, índices fisiológicos e produtividade de cultivares de feijoeiro sob diferentes níveis de adubação. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 62, n. 1, p. 107-116, jan./fev. 2015.

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

SATO, S.; MUKAI, Y.; YAMATE, J.; KATO, J.; KURASAKI, M.; HATAI, A.; SAGAI, M. Effect of polyphenol-containing azuki bean (*Vigna angularis*) extract on blood pressure elevation and macrophage infiltration in the heart and kidney of spontaneously hypertensive rats. **Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology**, Nova Jersey, v. 35, p. 43-49, jan. 2008.

TAVARES, C. J.; ARAÚJO, A. C. F.; JAKELAITIS, A.; RESENDE, O.; SALES, J. F.; FREITAS, M. A. M. Qualidade de sementes de feijão-azuki dessecadas com saflufenacil e submetidas ao armazenamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 12, p. 1197-1202, dez. 2015.

TOMOOKA, N.; NAITO, K.; KAGA, A.; SAKAI, H.; ISEMURA, T.; OGISO-TANAKA, E.; ISEKI, K.; TAKAHASHI, Y. Evolution, domestication and neo-domestication of the genus *Vigna*. **Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization**, Cambridge, v. 12, n. S1, p. S168-S171, jul. 2014.

TRUNG, B. C.; YOSHIDA, S. Influence of planting density on the nitrogen nutrition and grain productivity of mungbean. **Japanese Journal of Crop Science**, Niigata prefecture, v. 54, n. 3, p. 266-272, 1985.

TSUMANUMA, G. M.; LUNZ, A.M.P. Feijoeiro. In: CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A.; SESTARI, I. **Manual de fisiologia vegetal: fisiologia de cultivos**. Piracicaba: Ceres, 2008. p. 77-91.

TUARIRA, M.; MOSES, M. Effects of plant density and planting arrangement in green bean seed production. **Journal of global innovation in agricultural and social sciences**, v. 2, n. 4, p.152-157, 2014.

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**, Brasília, v. 35, n. 3, p. 497-506, mar. 2000.

VIEIRA, R.; VIEIRA, C.; MOURA, W. de M. Comportamento de feijão-adzuki em diferentes épocas de plantio em Coimbra e Viçosa, Minas Gerais. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 47, n. 272, p. 411-420, jul./ago. 2000.

VIEIRA, R. Comportamento de cultivares de feijão-azuki em diferentes épocas de plantio em Ponte Nova e Leopoldina, Minas Gerais. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 49, n. 286, p. 705-712, nov./dez. 2002.

XU, N.; CHENG, X. Z.; WANG L. X.; WANG, S. H.; LIU, C. Y.; SUN, L.; MEI, L. Screening SSR Marker for Adzuki Bean and Its Application in Diversity Evaluation in Chinese Adzuki Bean Germplasm Resources. **Acta Agronomica Sinica**, Amsterdã, v. 32, n. 2, p. 219-227, fev. 2009.

XU, R. Q.; TOMOOKA, N.; VAUGHAN, D. A. AFLP markers for characterizing the azuki bean complex. **Crop Science**, Madison, v. 40, p. 808-815, maio 2000.

YAMAMOTO, Y.; SANO, C. M.; TATSUMI, Y.; SANO, H. Field analysis of horizontal gene flow among *Vigna angularis* complex plants. **Plant Breeding**, Malden, v. 125, p. 156-160, mar. 2006.

YANG, K.; TIAN, Z.; CHEN, C.; LUO, L.; ZHAO, B.; WANG, Z.; YU, L.; LI, Y.; SUN, Y.; LI, W.; CHEN, Y.; LI, Y.; ZHANG, Y.; AI, D.; ZHAO, J.; SHANG, C.; MA, Y.; WU, B.; WANG, M.; GAO, L.; SUN, D.; ZHANG, P.; GUO, F.; WANG, W.; LI, Y.; WANG, J.; VARSHNEY, R. K.; WANG, J.; LING, H. Q.; WAN, P. Genome sequencing of adzuki bean (*Vigna angularis*) provides insight into high starch and low fat accumulation and domestication. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, v. 112, n. 43, p. 13213-13218, out. 2015.

YANG, Y.; PENG, X.; YINGYING, Z.; YUE, G.; GUIXING, R. Antioxidant and immunoregulatory activity of polysaccharides from adzuki beans (*Vigna angularis*). **Food Research International**, Amsterdã, v. 77, p. 251-256, nov. 2015.

ZABOT, L.; DUTRA, L. M. C.; JAUER, A.; LUCCA FILHO, O. A.; UHRY, D.; STEFANELO, C.; LOSEKAN, M. E.; FARIAS, J. R.; LUDWIG, M. P. Análise de crescimento da cultivar de feijão BR Ipagro 44 Guapo Brilhante cultivada na safrinha em quatro densidades de semeadura em Santa Maria-RS. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 3, n. 2, p. 105-115, 2004.

ZUCARELI, C.; RAMOS JUNIOR, E. U.; OLIVEIRA, M. A.; CAVARIANI, C.; NAKAGAWA, J. Índices biométricos e fisiológicos em feijoeiro sob diferentes doses de adubação fosfatada. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, suplemento 1, p. 1313-1324, 2010.