



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA
CURSO DE AGRONOMIA

LETÍCIA MACHADO LOPES

**ANÁLISE DE IMAGENS NA AVALIAÇÃO DE MORFOLOGIA DE SEMENTES E
DESEMPENHO DE PLÂNTULAS DE FEIJÃO-AZUKI (*Vigna angularis* Willd.)**

FORTALEZA
2019

LETÍCIA MACHADO LOPES

ANÁLISE DE IMAGENS NA AVALIAÇÃO DE MORFOLOGIA DE SEMENTES E
DESEMPENHO DE PLÂNTULAS DE FEIJÃO-AZUKI (*Vigna angularis* Willd.)

Monografia apresentada ao curso de
Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da
Universidade Federal do Ceará, como requisito
parcial para obtenção do título de Bacharel em
Agronomia.

Orientadora: Prof^ª. Dra. Haynna Fernandes
Abud.

FORTALEZA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Lopes, Letícia Machado.

Análise de imagens na avaliação de morfologia de sementes e desempenho de plântulas de feijão-azuki (*Vigna angularis* Willd.) / Letícia Machado Lopes. – 2019.
33 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Agronomia, Fortaleza, 2019.

Orientação: Profa. Dra. Haynna Fernandes Abud.

1. Análise de imagens. 2. Potencial fisiológico. 3. Teste de germinação. I. Título.

CDD 630

LETÍCIA MACHADO LOPES

ANÁLISE DE IMAGENS NA AVALIAÇÃO DE MORFOLOGIA DE SEMENTES E
DESEMPENHO DE PLÂNTULAS DE FEIJÃO-AZUKI (*Vigna angularis* Willd.)

Monografia apresentada ao curso de
Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da
Universidade Federal do Ceará, como requisito
parcial para obtenção do título de Bacharel em
Agronomia.

Aprovada em: 21/06/2019.

BANCA EXAMINADORA

Profª. Dra. Haynna Fernandes Abud (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Ma. Erivanessa Costa Sousa Sarmiento
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Ma. Maria Liliane dos Santos Silva
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

Aos meus grandes amores,
Verônica e Paulo César.

Às minhas avós, Maria das Graças
e Terezinha.

In memoriam de Nirvana.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida e por todo o seu amparo nos melhores e piores momentos. À Nossa Senhora, por sempre me proteger e me livrar dos males. A São Miguel Arcanjo, meu protetor.

Aos meus pais, Verônica Machado e Luiz André, por sempre proverem meus estudos, pelas cobranças necessárias e por todo suporte financeiro. Em especial à minha mãe, que sempre me ouviu, me ajudou em tudo que precisei e nunca me deixou desistir.

Ao meu cônjuge, Paulo César, por todo seu apoio, suas palavras de carinho, sua dedicação e seu empenho em me fazer feliz. Aos meus bichos de estimação, por serem minha carga de ocitocina diária.

Aos meus amigos de curso, Gleydyson Ricarte, Ricardo Leoni, Sabrina Juvenal, Filipe Eugênio e Rigoberto, que me ajudaram na hora dos estudos, mandaram materiais e estudaram comigo para que eu tivesse êxito em todas as disciplinas.

Às minhas tias, Lucinha e Adriana por sempre acreditarem em mim e pelas ajudas com as xerox.

Aos meus amigos mais próximos, Bianca Brasil, Igor Nobre, Yuri Oliveira e Alisson Wesley, que me escutaram, me aconselharam e estavam nos momentos em que precisei extravasar todos os sentimentos ruins para permanecer no meu caminho rumo à formação.

À minha orientadora, Haynna Abud, por todo seu suporte e paciência, sem ela, eu não estaria defendendo minha monografia. Aos colegas do Laboratório de Análise de Sementes, Cícera, Vanessa, Liliane, Kelly e Timóteo, por toda a ajuda manual, correções da monografia e pela paciência em me dar orientações.

Às pessoas queridas que conheci durante a graduação que me encheram de aprendizados, oportunidades e bons conselhos, especialmente, os professores Raul Toma, Sebastião Filho, Jaedson Mota e Maria Goretti. Aos meus amigos e colegas do Laboratório de Produtos Naturais, Daniele, Criz, Victor, Felipe e Wendell por todo o apoio, risadas diárias e por sempre me tratarem bem.

À PRAE, à PROGRAD, ao DIGEB, ao CNPQ e à CAPES por todo atendimento e suporte financeiro dentro da Universidade Federal do Ceará.

RESUMO

Objetivou-se com este trabalho, estudar a morfologia de sementes de feijão-azuki (*Vigna angularis* Willd.) por meio da análise de imagens e associá-las ao seu potencial fisiológico. Estudou-se as características morfológicas de duzentas sementes da safra de 2015, que estavam armazenadas no Banco ativo de Germoplasma (BAG) de feijão-caupi da Universidade Federal do Ceará (UFC). Para captura das imagens, as sementes foram distribuídas em posição semelhante, por ordem numérica e equidistantes em fundo azul e feitas por escâner invertido em caixa de alumínio para posterior análise. Logo depois do registro das imagens, as sementes foram submetidas ao teste de germinação, sendo a primeira contagem feita no quarto dia e a contagem final ao décimo dia após início do teste, para ambos os dias, as imagens das plântulas foram capturadas pela mesma ferramenta usada para as imagens das sementes. As imagens das sementes e das plântulas foram analisadas no *software ImageJ*[®], sendo avaliadas características de área, largura, comprimento, cor, perímetro e *aspect ratio* para as sementes e para o hilo. Para avaliar o vigor das sementes, foi medido o comprimento da parte aérea e do sistema radicular, obtendo-se o comprimento total das plântulas, posteriormente, as plântulas foram levadas à estufa e pesou-se a massa de matéria seca de suas estruturas. Para avaliar a viabilidade das sementes, foi feito o teste de tetrazólio. Ao final das medições, quatro classes foram formadas a partir da área da semente, gerando-se as médias das características observadas. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC) desbalanceado e os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e comparação de médias por meio do Teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade. Diante dos resultados adquiridos, no qual a classe IV obteve sementes com maior área, mas a classe III apresentou plântulas de maior comprimento e vigorosas, com maior massa de matéria seca total. Conclui-se que, é possível realizar as análises de imagens da morfologia de sementes e plântulas pelo *software ImageJ*[®], avaliando características quantitativas e qualitativas e, dessa forma, relacionar com seu potencial fisiológico.

Palavras-chave: Análise de imagens. Potencial fisiológico. Teste de germinação.

ABSTRACT

The objective of this study was to study the morphology of azuki bean (*Vigna angularis* Willd.) Seeds by means of image analysis and to associate them with their physiological potential. The morphological characteristics of two hundred seeds of the 2015 crop were studied and stored in the active germplasm bank (BAG) of cowpea of the Federal University of Ceará (UFC). For the capture of the images, the seeds were distributed in a similar position, in numerical order and equidistant in blue background and made by inverted scanner in aluminum box for later analysis. Soon after the recording of the images, the seeds were submitted to the germination test, the first count being done on the fourth day and the final count on the tenth day after the beginning of the test, for both days the images of the seedlings were captured by the same tool used for seed images. The images of the seeds and seedlings were analyzed in the ImageJ[®] software, being evaluated characteristics of area, width, length, color, perimeter and aspect ratio for the seeds and the thread. In order to evaluate the vigor of the seeds, the length of the aerial part and the root system were measured, obtaining the total length of the seedlings, later the seedlings were taken to the greenhouse and the mass of dry matter of their structures was weighed. To evaluate the viability of the seeds, the Tetrazolium test was performed. At the end of the measurements, four classes were formed from the seed area, generating the means of the observed characteristics. The experimental design was the completely randomized unbalanced and the data were submitted to analysis of variance (ANOVA) and comparison of means by means of the Tukey test at 5% probability level. In view of the results obtained, in which class IV obtained seeds with larger area, but class III presented bigger and vigorous seedlings with higher total dry matter mass. It is concluded that it is possible to perform image analysis of seed and seedlings morphology by ImageJ software, evaluating quantitative and qualitative characteristics and, in this way, correlating with their physiological potential.

Key words: Image analysis. Physiological potential. Germination test.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Imagem de sementes de feijão-azuki (<i>Vigna angularis</i> Willd.) capturada em posição lateral	18
Figura 2 – Imagem de sementes de feijão-azuki (<i>Vigna angularis</i> Willd.) capturada em posição frontal	19
Figura 3 – Imagem da seleção da área de sementes de feijão-azuki (<i>Vigna angularis</i> Willd.). Semente marcada evidenciando como foi realizada as medições	20
Figura 4 – Imagem da seleção da área lateral (A) e frontal (B) do hilo de sementes de feijão-azuki (<i>Vigna angularis</i> Willd.). Semente marcada evidenciando como foi realizada as medições	20
Figura 5 – Medição das características de comprimento (A) e largura (B) das sementes de feijão-azuki (<i>Vigna angularis</i> Willd.). Semente marcada evidenciando como foi realizada as medições	21
Figura 6 – Medição do comprimento (A) e largura (B) do hilo das sementes de feijão-azuki (<i>Vigna angularis</i> Willd.). Semente marcada evidenciando como foi realizada as medições	21
Figura 7 – Comprimento do hipocótilo (A) e raiz (B) de plântulas de feijão-azuki (<i>Vigna angularis</i> Willd) na primeira contagem de germinação, por meio de análise de imagens. Plântula marcada evidenciando como foi realizada as medições	22
Figura 8 – Comprimento do hipocótilo (A) e raiz (B) de plântulas de feijão-azuki (<i>Vigna angularis</i> Willd) no teste de germinação, por meio de análise de imagens. Plântula marcada evidenciando como foi realizada as medições	23
Figura 9 – Resultados do teste de tetrazólio para avaliação da viabilidade das sementes não-germinadas de feijão-azuki ao final do teste de germinação	30

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Valores médios das variáveis de feijão-azuki para Área da Semente (A.S), Área Lateral do Hilo (A.L.H.), Área Total (A.T.), Cor, Comprimento (CP.), Largura Total (L.T.), Perímetro (PER.) e *Aspect Ratio* (A.R.) 25
- Tabela 2 – Valores médios das variáveis do hilo das sementes de feijão-azuki para: Área do Hilo (A.H.), Cor, Comprimento (CP.), Largura (LT.), Perímetro (PER) e *Aspect Ratio* (A.R.) 26
- Tabela 3 – Valores médios das variáveis das plântulas de feijão-azuki para: Comprimento do Sistema Radicular (CP. S.R.), Comprimento de Parte Aérea (CP. P.A), Comprimento Total (CP. Total) e Relação de Parte Aérea com Sistema Radicular (P.A/S.R) 26
- Tabela 4 – Dados médios obtidos das plântulas de feijão-azuki para: Massa Seca do Sistema Radicular (M.S. S.R), Massa Seca de Parte Aérea (M.S. P.A) e Massa Seca Total (M.S. Total) 29

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVO	14
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1	Origem e importância agrônoma do feijão-azuki	15
3.2	Estudos morfológicos por análise de imagens	15
3.3	Teste de vigor de sementes	16
4	MATERIAIS E MÉTODOS	18
4.1	Material vegetal e condução do experimento	18
4.2	Análise de imagens na avaliação da morfologia externa das sementes e do hilo	18
4.3	Medição de características morfológicas externas das sementes de feijão-azuki (<i>Vigna angularis</i> Willd) por meio do software <i>ImageJ</i>®	19
4.4	Teste de Germinação e avaliação de vigor	22
4.4.1	<i>Captura de imagens de plântulas e medição de estruturas morfológicas</i>	22
4.4.2	<i>Massa seca das plântulas</i>	23
4.4.3	<i>Teste de Tetrazólio para avaliar a viabilidade das sementes</i>	23
4.5	Análise estatística	24
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
6	CONCLUSÃO	31
	REFERÊNCIAS	32

1 INTRODUÇÃO

O feijão-adzuki, feijão-azuki ou feijão-adzuki-vermelho (*Vigna angularis* Willd.) é uma leguminosa granífera do gênero *Vigna*, da família *Fabaceae*, que possui tegumento marrom-avermelhado a vermelho-escuro. É uma das sete espécies cultivadas desse gênero, sendo um feijão originário das regiões tropicais asiáticas e possui como principais produtores a China, Japão e Coreia. Sendo cultivado amplamente em colônias japonesas, seu uso principal é para a produção de doces e bolos famosos na culinária nipônica (RESENDE *et al.*, 2012).

No Brasil, o feijão-azuki ainda é pouco consumido, mas vem aumentando nos últimos anos devido, principalmente, ao seu uso em alimentos nutracêuticos e suas propriedades nutritivas. Possui alto teor de proteínas (25%), alto valor nutricional, açúcares de origem natural, baixo teor de gorduras e contém uma melhor digestibilidade se comparado à espécie de feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) (VIEIRA, 2002; DELIC *et al.*, 2010).

O feijão-azuki, por ser uma semente, é um corpo reprodutivo vegetal formado basicamente por tecidos de reserva, embrião e envoltórios – originada a partir da dupla fertilização do sistema reprodutor masculino com o feminino das inflorescências – garantindo assim, a disseminação e a sobrevivência da espécie. Além da importância biológica, as sementes são usadas para alimentação humana e animal. Esses materiais propagativos possuem diferenças de cor, tamanho e forma, tanto interespecies, como intra espécie (ABUD *et al.*, 2010).

As plântulas indicam principalmente a qualidade fisiológica das sementes, manifestando seu potencial de crescimento e desenvolvimento. O crescimento de uma plântula está intrinsecamente ligado aos parâmetros morfológicos e fisiológicos da semente, como por exemplo, altas concentrações de tecido de reserva, baixa ou nenhuma injúria no embrião, rápida resposta à hidratação do meio externo, tempo de protrusão radicular, composição química dos tecidos, tamanho do embrião, entre outros fatores. Destarte, é de extrema relevância os estudos desses parâmetros tendo em vista a importância propagativa e agrônômica da espécie estudada (SANTOS *et al.*, 2009; ABUD *et al.*, 2010; TEIXEIRA *et al.*, 2006).

A biometria de sementes e plântulas constitui um instrumento importante para apontar a variabilidade genética dentro de populações de uma mesma espécie e as relações das variáveis com os fatores ambientais. O conhecimento biométrico mais aprofundado das sementes através de características como tamanho, forma e/ou cor pode ser uma estratégia adotada para uniformizar a emergência de plântulas e conseqüentemente a formação de uma lavoura mais uniforme e produtiva (MACEDO *et al.*, 2009).

Assim, o conhecimento sobre a germinação de sementes de feijão-azuki e complementados por testes de vigor, aumentam as informações a respeito da espécie e abordam as classificações sobre seus aspectos germinativos em relação à posição dos cotilédones, auxiliam na padronização do teste de germinação, identificação da espécie no campo e produção de mudas uniformes (ABUD *et al.*, 2010).

As técnicas de análise de imagens vêm sendo cada vez mais incorporadas na avaliação germinativa e no vigor de sementes e plântulas devido às tecnologias empregadas na captura e interpretação dessas imagens. Os elementos de contagem ou a frequência dos elementos formadores da imagem são denominados de *pixels*, do inglês *picture elements*. Para medir as características desejadas são usados *softwares*, que funcionam como intérpretes das imagens capturadas (TEIXEIRA *et al.*, 2006). Os resultados obtidos por meio de análise de imagens são eficientes quanto a padrões de pureza física e de germinação, com maior rapidez, diminuindo a subjetividade presente nas demais avaliações, sendo possível identificar o vigor dessas sementes (LIMA *et al.*, 2018).

Diante do exposto, faz-se necessário o estudo das características morfológicas das sementes e das plântulas de feijão-azuki, por meio do uso da técnica de análise de imagens para o conhecimento e padronização de pesquisas, visto que, há carência no aprofundamento de informações publicadas sobre a morfologia dessa espécie.

2 OBJETIVO

Com o presente trabalho objetivou-se avaliar a morfometria de sementes de feijão-azuki (*Vigna angularis* Willd.) por meio de análise de imagens e relacionar com o seu potencial fisiológico.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Origem e importância agronômica do feijão-azuki

As leguminosas são, sem dúvida, as plantas com maior importância econômica, social e alimentícia, pois, contêm alto teor de proteínas, micronutrientes e minerais essenciais para a nutrição humana e animal. A espécie *Vigna angularis* Willd. é um feijão com um grande número de variedades ao redor do mundo, sendo a maior parte encontrada nos países asiáticos, suas características variam em tamanho e cor do grão, que podem depender dos fatores genéticos, variedades, e fatores abióticos como, tempo, clima e região de cultivo (OLIVEIRA; NAOZUKA, 2017; GOHARA *et al.*, 2016).

Dentre os países que se destacam na produção desta leguminosa, temos China, Japão e Coreia. Sendo o maior produtor mundial do feijão-azuki, o Japão, com mais de 100 hectares cultivados, possui alta procura de mercado e comércio devido ao uso em alimentos nutracêuticos. Porém, no Brasil, não há dados e informações de cultivo dessa espécie (ORSI *et al.*, 2017; RESENDE, *et al.*, 2012). Além do uso na confecção de sobremesas e doces japoneses, o feijão-azuki é utilizado na medicina chinesa, por conter funções diuréticas. O uso medicinal também é relatado na Coreia, na produção de comprimidos ricos em proteínas, carboidratos, vitaminas, fibras e minerais (GOHARA *et al.*, 2016).

Essa espécie é anual e as variedades utilizadas podem ser classificadas como precoces, intermediárias e tardias. Sendo, geralmente, as variedades do tipo precoce com hábito de crescimento determinado mais utilizadas e engloba plantas mais baixas que as de plantas intermediárias, que por sua vez, são de porte menor que as de crescimento do tipo tardias. A produtividade do feijão-azuki normalmente varia entre 1.600 (precoce) a 2.500 kg/ha (tardios) (VIEIRA, 2002).

3.2 Estudos morfológicos por análise de imagens

A caracterização morfológica por meio do uso de análise de imagens tem sido bastante comentada como fundamental para identificar e caracterizar botanicamente as espécies, para compreender os estádios de desenvolvimento e fornecer informações relevantes para o melhoramento vegetal. As informações coletadas são embasadas por meio de descritores quantitativos (peso, comprimento, área, diâmetro) e qualitativos (cor, formato, pungência). Devido a automatização e por se tratar de uma técnica não-destrutiva para registro de

informações, permite que as sementes analisadas possam ser utilizadas em outros testes de avaliação, sendo cada vez mais crescente o uso combinado de testes tradicionais de análise de sementes e a técnica de análise das imagens (ABUD, *et al.*, 2018; MONDO; CÍCERO, 2005).

Para o processamento de imagens digitais, foram criados algoritmos de computação, quando sistematizados, são base para a análise de imagens em *softwares* computacionais. Utilizando análise de imagens, Gunasekaran *et al.* (1988) avaliaram danos provocados por patógenos em sementes de milho e soja, enquanto Zayas *et al.* (1990) avaliaram danos mecânicos em sementes de milho. Vooren e Heijden (1993) utilizaram a análise de imagens digitais para avaliação de características externas como tamanho e forma de bulbos e tubérculos (TEIXEIRA *et al.*, 2006).

O progresso persistente no conhecimento sobre análise de imagens envolve estudos nas áreas de fisiologia, biologia molecular, bioquímica e biofísica. O uso de imagens como ferramenta descritiva morfológica é um recurso com alto potencial, indiscutível para pesquisas, visando a clareza de vários aspectos do comportamento fisiológico e o melhoramento da metodologia, padronizando os diferentes atributos qualitativos e quantitativos de sementes. Para a captura de imagens digitais de sementes e plântulas, normalmente são utilizadas ferramentas como escâneres, filmadoras ou câmeras fotográficas, e posteriormente feita a avaliação informatizada por meio de *softwares* de leitura dessas imagens, permitindo a medição de características desejadas (SILVA *et al.*, 2014).

A evolução favorável no uso de técnicas de análise de digitais, contribui para o desenvolvimento de captação de imagens mais sensíveis à entrada de luz e maior contraste e brilho com diminuição de ruídos nas imagens, garantindo melhor extração e processamento de informações úteis para indústria de sementes, facilitando as escolhas e criação de métodos mais eficazes de beneficiamento (TEIXEIRA *et al.*, 2006).

3.3 Testes de vigor de sementes

A realização do teste de vigor em sementes é imprescindível para a produção das espécies vegetais, devido ao interesse em conhecer o desempenho e as peculiaridades de cada espécie. Sementes de baixo vigor podem provocar reduções no tamanho inicial de plantas, germinação vagarosa, baixa absorção de água e nutrientes, dificuldades em se estabelecer no ambiente, baixo teor de massa de matéria seca e conseqüentemente, seu desempenho é afetado como um todo. Já, sementes de alto vigor, atribuem maior produtividade, maior velocidade de

germinação, menor sensibilidade a estresses de crescimento, maior enchimento de frutos, totalizando atributos positivos finais ao produto comercializado (MONDO *et al.*, 2012).

Os testes de vigor são utilizados em laboratórios de análise de rotina e centros de pesquisa, devido ao apelo cada vez maior de lotes mais vigorosos e uniforme, ampliação dos conhecimentos botânicos, fisiológicos e morfológicos das espécies. Conhecendo o comportamento da espécie, os aspectos externos (cor, tamanho, forma, textura) e os aspectos internos (metabolismo, tecido de reserva, tamanho do embrião) que influenciam de forma mais expressiva no vigor das plantas geradas (MONDO *et al.*, 2012).

O teste de tetrazólio avalia o vigor e a viabilidade das sementes de forma rápida, agilizando decisões que possam ser tomadas a respeito do manejo de lotes durante os períodos de pré e de pós-colheita. Esse teste permite determinar a presença e a natureza de alterações nos tecidos, através das mudanças de coloração dos tecidos, identificando as partes que estão metabolicamente ativas, mortas e/ou afetadas por danos e/ou fissuras (BENTO *et al.*, 2010).

Mesmo com o grande número de testes de avaliação do vigor, a utilização de apenas um teste não é suficiente para determinar e concluir resultados sobre as interações fisiológicas e morfológicas que ocorrem nas sementes, como também não é possível caracterizar as interações ambientais antes, durante e após a colheita. Recomenda-se o uso de mais de um teste e a comparação entre eles para aumentar as informações, diminuir os erros associados e padronizar conhecimentos, para tomadas de decisões seguras sobre a exclusão ou não de um lote de sementes (BENTO *et al.*, 2010; AMARO *et al.*, 2015).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

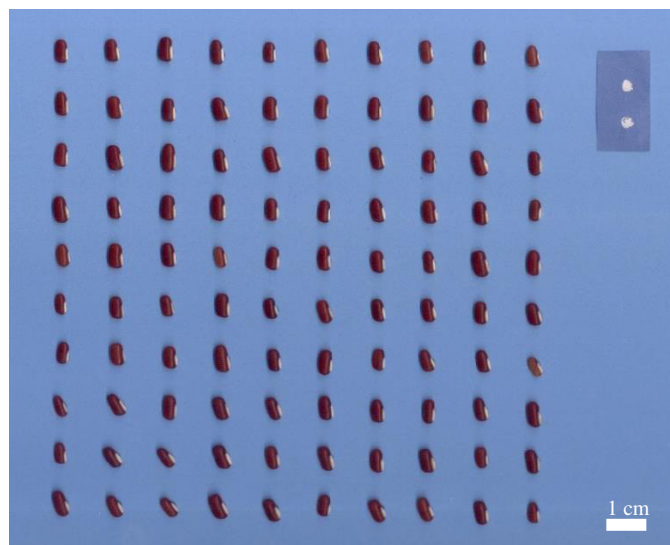
4.1 Material vegetal e condução do experimento

O experimento foi realizado no Laboratório de Análises de Sementes (LAS), do Departamento de Fitotecnia, do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal do Ceará (UFC), Campus do Pici. As sementes utilizadas foram provenientes de acessos da safra de 2015 do Banco Ativo de Germoplasma (BAG) de feijão-caupi, da Universidade Federal do Ceará. As sementes foram armazenadas, em câmara fria em temperatura a 10 °C, e umidade relativa de 45% até à montagem do experimento.

4.2 Análise de imagens na avaliação da morfologia externa das sementes e do hilo

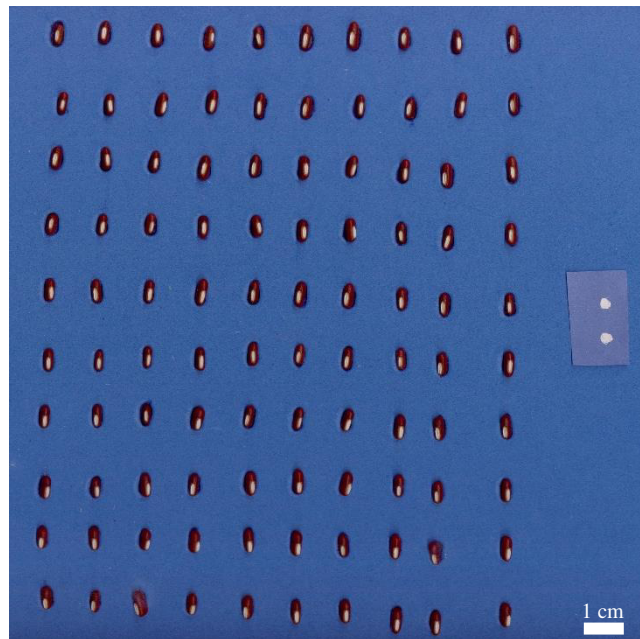
Para a caracterização morfológica das sementes e do hilo foram divididos dois grupos de cem sementes para a captura das imagens. As sementes foram distribuídas em posição lateral (Figura 1) e frontal (Figura 2) semelhantes, equidistantes e em ordem numérica, em folha de E.V.A. de coloração azul clara, de forma que houvesse alto contraste com a coloração do tegumento e hilo das sementes. As imagens das sementes foram realizadas por meio de um escâner modelo HP Scanjet 2004, adaptado de maneira invertida dentro de uma caixa de alumínio, foram digitalizadas em 300 dpi, salvas em formato JPG e armazenadas para posterior análise.

Figura 1 – Imagem de sementes de feijão-azuki (*Vigna angularis* Willd.) capturada em posição lateral.



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 2 – Imagem de sementes de feijão-azuki (*Vigna angularis* Willd.) capturada em posição frontal.



Fonte: Elaborado pela autora.

4.3 Medição de características morfológicas externas das sementes de feijão-azuki (*Vigna angularis* Willd) por meio do *software ImageJ*[®]

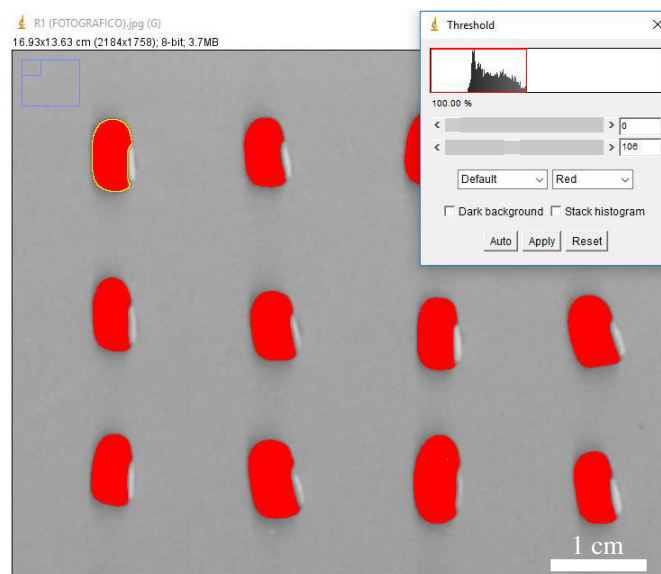
As características morfológicas das sementes foram analisadas por meio do *software Image Processing and Analysis in Java (ImageJ*[®]). A calibração de unidades foi realizada no programa por meio de uma métrica com dimensão conhecida, resultando em 129 pixels/cm. De forma que, através de filtros e ferramentas disponibilizados pelo *software*, foi possível diminuir ruídos, refinar a visualização das bordas das estruturas da semente e mensurar as características desejadas.

As variáveis avaliadas foram:

- **Cor:** por meio da ferramenta *mean gray value*, em que, os valores médios das sementes foram convertidos para uma escala de cinza pela fórmula: $\text{cinza} = (R + G + B)/3$, os resultados observados em escala que varia de 0 a 255;
- **Área:** com o uso da ferramenta *freehand tool* foi selecionada a área das sementes (Figura 3) e do hilo (Figura 4) separadamente, a medida foi tomada em pixel e convertidas para centímetros quadrados (cm²);
- **Comprimento:** medido com o uso da ferramenta *straight line* na região central das sementes e do hilo, no sentido longitudinal, em centímetros (cm) (Figura 5A);

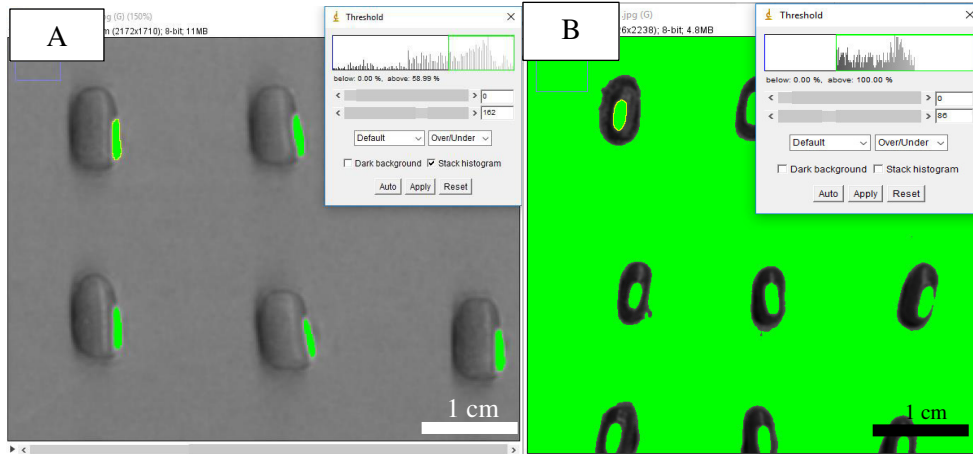
- **Largura:** medida na região central das sementes com o uso da ferramenta *straight line*, considerando os tecidos da semente e do hilo, no sentido transversal, já para o hilo na região dorsal, em centímetros (cm) (Figura 5B; Figura 6B respectivamente);
- **Aspect ratio:** variável de descrição de forma, determinada pela divisão do maior eixo pelo menor eixo calculadas automaticamente pelo programa com seleção da área da semente e do hilo pela ferramenta *freehand tool*.
- **Perímetro:** contorno externo da semente calculado pelo programa, através da seleção da área da semente e do hilo pela ferramenta *freehand tool*, expresso em centímetros (cm).

Figura 3 – Imagem da seleção da área de sementes de feijão-azuki (*Vigna angularis* Willd). Semente marcada evidenciando como foi realizada as medições.



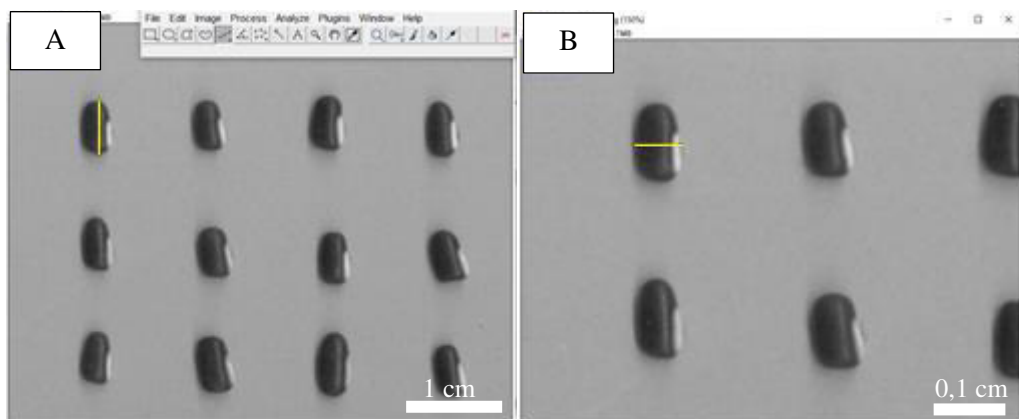
Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 4 – Imagem da seleção da área lateral (A) e frontal (B) do hilo de sementes de feijão-azuki (*Vigna angularis* Willd). Semente marcada evidenciando como foi realizada as medições.



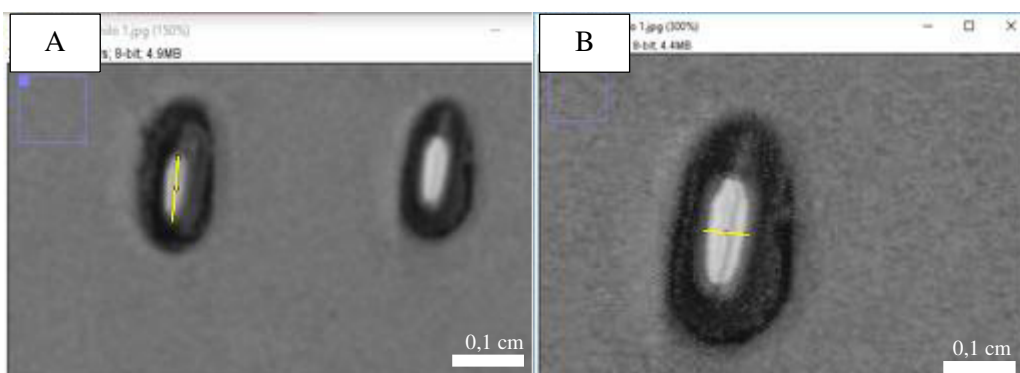
Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 5 – Medição das características de comprimento (A) e largura (B) das sementes de feijão-azuki (*Vigna angularis* Willd). Semente marcada evidenciando como foi realizada as medições.



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 6 – Medição do comprimento (A) e largura (B) do hilo das sementes de feijão-azuki (*Vigna angularis* Willd). Semente marcada evidenciando como foi realizada as medições.



Fonte: Elaborado pela autora.

Para a elaboração das classes e, em seguida, das variáveis desejadas, foi realizado a amplitude e o intervalo de classes pela área da semente. Assim, podendo ser avaliado em seguida, as médias das características de cor, área total da semente, área do hilo, comprimento, largura, perímetro e *aspect ratio* da semente e do hilo, comprimento total de plântulas, relação da parte aérea e sistema radicular, massa de matéria seca de parte aérea, sistema radicular e a total.

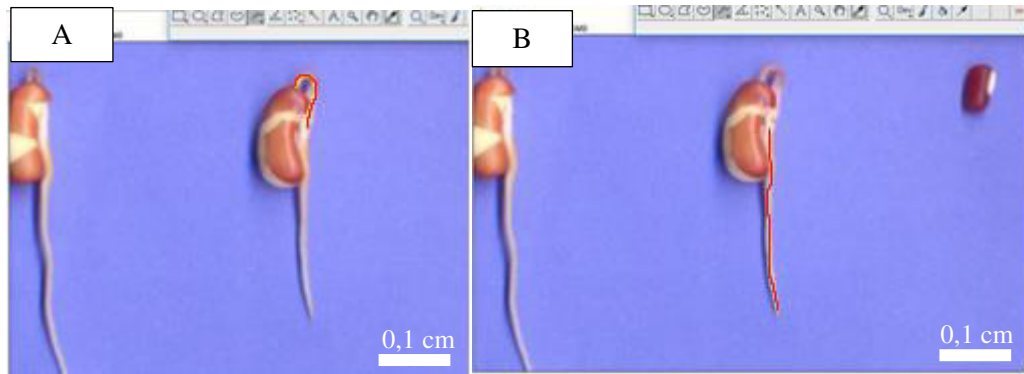
4.4 Teste de Germinação e avaliação de vigor

O teste de germinação foi realizado de acordo com as *Regras para Análise de Sementes* (BRASIL, 2009). As sementes foram semeadas na mesma ordem no qual foram escaneadas, no substrato rolo de papel, do tipo germitest[®], organizadas espaçadamente em grupos de vinte. O substrato foi umedecido com água destilada por 2,5 vezes o seu peso. Os rolos de papel com as sementes foram mantidos em germinador do tipo *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), com temperatura alternada entre 20-30 °C, com fotoperíodo de 8 horas de luz e 16 horas de escuro.

4.4.1 Captura de imagens de plântulas e medição de estruturas morfológicas

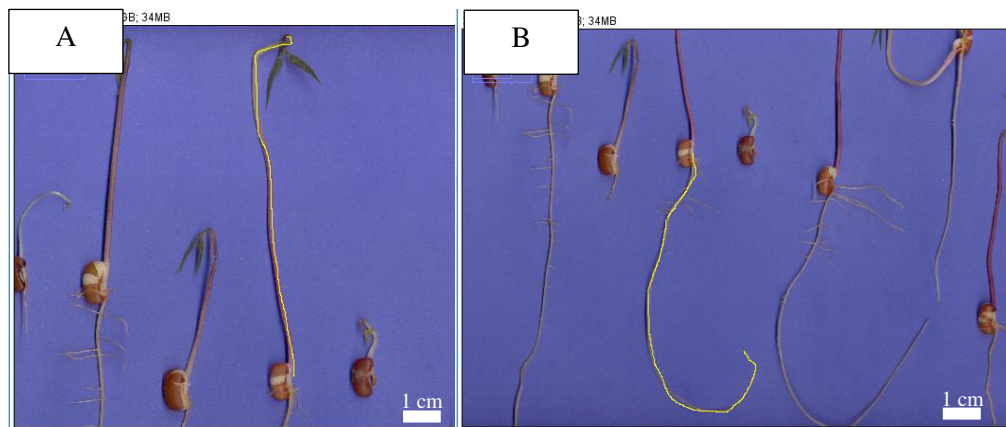
As plântulas foram escaneadas na primeira contagem de germinação (quarto dia do início do teste) (Figura 7), e na contagem final (décimo dia após a semeadura) (Figura 8), mantendo a mesma ordem adotada anteriormente para as sementes. As plântulas foram distribuídas em dez repetições de vinte, em cartolina azul royal para alto contraste das estruturas morfológicas. As imagens das plântulas foram realizadas por meio de um escâner modelo HP Scanjet 2004, adaptado de maneira invertida dentro de uma caixa de alumínio, foram digitalizadas em 300 dpi, salvas em formato .JPG e armazenadas para posterior análise. Para a caracterização morfológica das plântulas foi utilizado o *software Image Processing and Analysis in Java (ImageJ®)*.

Figura 7 – Comprimento do hipocótilo (A) e raiz (B) de plântulas de feijão-azuki (*Vigna angularis* Willd) na primeira contagem de germinação, por meio de análise de imagens. Plântula marcada evidenciando como foi realizada as medições.



Fonte: Elaborado pela autora.

Figura 8 – Comprimento do hipocótilo (A) e raiz (B) de plântulas de feijão-azuki (*Vigna angularis* Willd) no teste de germinação, por meio de análise de imagens. Plântula marcada evidenciando como foi realizada as medições.



Fonte: Elaborado pela autora.

4.4.2 Massa seca das plântulas

Ao final do teste germinação as plântulas normais, foram divididas em parte aérea (hipocótilo + folhas primárias) e sistema radicular, colocadas em sacos de papel Kraft e levadas à estufa de circulação de ar forçada a 65 ± 3 °C por 72 horas. Em seguida, foram pesadas em balança analítica de precisão (0,0001 g) e os resultados expressos em g.plântula^{-1} (KRYZANOWSKI *et al.*, 1999).

4.4.3 Teste de Tetrazólio para avaliar a viabilidade das sementes

Ao final do teste de germinação, vinte e cinco sementes não apresentaram intumescimento ou protrusão radicular, dessa forma, as sementes foram submetidas, mantendo a ordem numérica, ao teste de tetrazólio. Para o teste de tetrazólio, com alterações na metodologia de Kryzanowski *et al.* (1999), preparou-se a solução estoque a 1,0%, misturando-

se 10,0 gramas do sal de 2,3,5-trifenil cloreto de tetrazólio em 1,0 litro de água destilada. Esta solução foi armazenada sob ausência de luz, em local fresco e em frasco de vidro. A solução estoque foi diluída para a solução de trabalho (0,1%), em que 1,0 litro de solução a 0,1% = 100 mL da solução estoque (1,0%) + 900 mL de H₂O.

As sementes foram semeadas em papel umedecido com água destilada com 2,5 vezes o seu peso e mantidas em BOD por 24 horas, a temperatura de 25 °C. Após esse tempo, as sementes que estavam intumescidas, foram cortadas longitudinalmente com o auxílio de pinça e bisturi, e acondicionadas as duas metades das sementes em recipientes plásticos com capacidade para 50 mL e adicionada a solução trabalho do tetrazólio, mantidas em estufa *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), por 60 minutos a 30 °C, na ausência de luz. Após esse período, as sementes foram observadas em lupa e foram fotografadas para análise de viabilidade, considerando-se a intensidade de coloração de suas partes, permitindo identificar as sementes como viáveis, não viáveis e vazias.

Doze sementes não apresentaram sinais de absorção de água ao final do teste de germinação, dessa forma, foi realizado o método de embebição por 24 horas para superar a dormência física. Após o período de embebição, intumesceram, sendo assim classificadas como sementes duras (BRASIL, 2009).

4.5 Análise Estatística

Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado (DIC) desbalanceado. Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância (ANOVA) ao nível de 5% de significância, e as médias que apresentaram diferença significativa foram submetidas ao teste de comparação de médias pelo teste de Tukey. As análises foram realizadas com o auxílio do *software* estatístico SISVAR.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 é possível observar os dados referentes a caracterização morfológica por meio de análise de imagens de sementes, no qual a partir da área da semente foram geradas as médias das outras características medidas.

Tabela 1 – Valores médios das variáveis de feijão-azuki para: Área da Semente (A.S), Área Lateral do Hilo (A.L.H.), Área Total (A.T.), Cor, Comprimento (CP.), Largura Total (L.T.), Perímetro (PER.) e *Aspect Ratio* (A.R.).

SEMENTE												
Classes	Menor	Maior	Nº Sem.	Freq.	A.S.	A.L.H	A.T.	COR	CP.	L.T	PER.	A.R.
				- % -	----- cm ² -----				----- cm -----			
I	0,108	0,148	21	10,5	0,136 d	0,013 c	0,149 d	72 a	0,553 d	0,290 d	1,548 d	2,048 a
II	0,149	0,189	105	52,5	0,173 c	0,016 b	0,189 c	70 b	0,599 c	0,326 c	1,720 c	1,914 b
III	0,190	0,230	63	31,5	0,204 b	0,018 a	0,223 b	69 c	0,640 b	0,357 b	1,854 b	1,866 b
IV	0,231	0,271	11	5,5	0,242 a	0,018 a	0,279 a	68 d	0,699 a	0,376 a	2,014 a	1,845 b
CV (%):	-	-	-	-	23,81	14,54	22,84	2,71	9,95	10,07	11,10	4,76

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Através dos resultados para as variáveis de semente, pode-se observar que a classe IV possui as maiores médias para a área da semente, área lateral do hilo, área total, comprimento, largura total e perímetro. Para as características de cor e *aspect ratio*, a classe I apresentou maiores médias. Com o *aspect ratio* é possível inferir sobre o formato das sementes, em que as sementes da classe I apresentaram formato mais elíptico do que as sementes das demais classes, tendo em vista relação observada entre o comprimento e a largura das sementes.

Para a área das sementes, o coeficiente de variação apresentou valor superior a 20%, indicando alta dispersão no valor das médias, ou seja, esta variável apresenta heterogeneidade dos dados, diferentemente do coeficiente de variação para as outras características observadas que apresentaram valores menores que 15%, demonstrando dados homogêneos e consistentes para os fatores medidos (MOHALLEM *et al.*, 2008).

Na Tabela 2, apresenta separadamente, as médias das variáveis para o hilo, formadas a partir da área da semente.

Tabela 2 – Valores médios das variáveis do hilo das sementes de feijão-azuki para: Área do Hilo (A.H.), Cor, Comprimento (CP.), Largura (LT.), Perímetro (PER.) e *Aspect Ratio* (A.R.).

HILO										
Classes	Menor	Maior	Nº Sem.	Freq.	A.H.	COR	CP.	L.T	PER.	A.R.
				- % -	- cm ² -	----- cm -----				
I	0,108	0,148	21	10,5	0,025 b	166 d	0,250 d	0,088 d	0,685 d	2,815 a
II	0,149	0,189	105	52,5	0,025 b	168 c	0,263 c	0,095 c	0,702 c	2,767 c
III	0,190	0,230	63	31,5	0,026 a	171 b	0,272 b	0,100 b	0,728 b	2,744 d
IV	0,231	0,271	11	5,5	0,026 a	175 a	0,293 a	0,101 a	0,756 a	2,801 b
CV(%):	-	-	-	-	2,28	2,35	6,65	5,89	4,36	1,16

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A partir dos resultados estatísticos, foi observada diferença da área do hilo entre as classes. Para cor, comprimento, largura e perímetro foi verificado maiores valores para as classes III e IV. Em contrapartida, na característica de *aspect ratio*, não foi observado o mesmo comportamento entre as classes (Tabela 2). Visto que, a característica *aspect ratio* é inversamente proporcional à largura da semente, pois quanto maior for a largura medida (menor eixo), menor será o valor característico, devido à relação de maior e menor eixos medidos. Os dados apresentaram valores baixos de coeficiente de variação, indicando firmeza de resultados nas variáveis mostradas (MOHALLEM *et al.*, 2008).

O tamanho das sementes pode predizer o vigor de um lote de sementes, porém, faz-se necessário a realização de outros testes para comprovar se um lote possui alto ou baixo vigor. As características morfológicas podem inferir sobre os aspectos fisiológicos das sementes, porém não é decisivo, devendo ser considerado outros fatores de avaliação morfológica, como o peso, densidade (devido ao teor de lipídeos e proteínas), cor do tegumento e tamanho do hilo (PÁDUA *et al.*, 2010). A análise de imagens de semente é uma alternativa mais rápida para avaliação de um lote, acelerando processos pré-testes de germinação, como também pós-testes, interligando outras avaliações de vigor comparando com as medições feitas em *software* (MARCOS FILHO *et al.*, 2009).

Na Tabela 3, são apresentadas as características das plântulas do teste de germinação, referentes à primeira contagem e a contagem final, sendo no quarto e no décimo dia após início do teste, respectivamente.

Tabela 3 – Valores médios das variáveis das plântulas de feijão-azuki para: Comprimento do Sistema Radicular (CP. S.R.), Comprimento de Parte Aérea (CP. P.A), Comprimento Total (CP. Total) e Relação de Parte Aérea com Sistema Radicular (P.A/S.R.).

PLÂNTULAS (PRIMEIRA CONTAGEM)								
Classes	Menor	Maior	Nº Sem.	Germ.	CP S.R. (cm)	CP P.A. (cm)	CP Total (cm)	P.A/S.R
				- % -	----- cm -----			
I	0,108	0,148	21	8	2,615 a	1,458 b	4,073 a	0,557 d
II	0,149	0,189	105	36	2,077 b	1,465 a	3,541 b	0,705 c
III	0,190	0,230	63	18,5	1,897 c	1,427 c	3,324 c	0,752 b
IV	0,231	0,271	11	2,5	1,648 d	1,422 d	3,070 d	0,863 a
CV(%):	-	-	-	-	19,93	1,49	12,83	22,72
PLÂNTULAS (CONTAGEM FINAL)								
Classes	Menor	Maior	Nº Sem.	Germ.	CP S.R. (cm)	CP P.A. (cm)	CP Total (cm)	P.A/S.R
				- % -	----- cm -----			
I	0,108	0,148	21	4	5,981 d	6,125 c	12,106 d	1,024 a
II	0,149	0,189	105	28	6,777 c	6,132 b	12,909 c	0,905 b
III	0,190	0,230	63	20,5	9,162 a	7,127 a	16,290 a	0,778 c
IV	0,231	0,271	11	3	7,971 b	5,782 d	13,753 b	0,725 d
CV(%):	-	-	-	-	18,63	9,22	15,95	32,57

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Pode-se verificar com os resultados da primeira contagem e segunda contagem final (Tabela 3), que para essa espécie, o desenvolvimento de parte aérea da plântula, depende do crescimento e ajustamento do sistema radicular, visto que, os maiores valores de comprimento estão entre as mesmas classes I e II. Para o primeiro dia de contagem, a classe I apresentou o melhor comprimento de sistema radicular e comprimento total. Possuindo menor relação parte aérea/sistema radicular, devido ao maior comprimento do sistema radicular no denominador. Com relação à porcentagem de germinação, a classe que apresentou maior porcentagem com relação ao número total de sementes foi a II.

Na contagem final, houve uma clara mudança nos comprimentos entre as classes. Enquanto no primeiro dia, as classes I e II tiveram as maiores médias, na contagem final, a classe III apresentou plantas maiores, normais e vigorosas. Sendo atribuído baixo vigor às sementes dessa safra de 2015 de feijão-azuki, pois a classe III representa apenas 31,5% do total de sementes. A classe II obteve a maior porcentagem de germinação do número total de sementes de azuki com 28%.

No geral, as plântulas de azuki, na segunda contagem, apresentaram média de comprimento total maior que 11 cm e uma relação parte aérea/sistema radicular entre 0,8 e 2,0. Essa relação, pode indicar alguns fatores fisiológicos da espécie, correlacionando a determinadas especificações ambientais e características de estabelecimento da planta no meio em que está localizada. A ausência de luz gera maior desenvolvimento de parte aérea, estresses hídricos podem causar maior desenvolvimento do sistema radicular, como também, os tecidos

de reserva podem causar diferenças no desenvolvimento de estruturas da plântula (FRIGERI, 2007; AZEVEDO, 2014).

Para o primeiro dia de contagem não foi possível avaliar se há plântulas anormais devido às poucas estruturas formadas, resultado da baixa velocidade de germinação das sementes. Sendo examinado a protrusão radicular, sementes intumescidas ou sementes sem mudanças conformacionais. Nos dados da contagem final, houve a distinção explícita dos três grupos, já sendo claramente possível identificar as plântulas anormais, devido à má formação ou o atrofiamento de estruturas, verificar a quantidade de sementes que não germinaram e um pequeno incremento no número de plântulas normais.

No segundo dia de contagem foram formadas estruturas completas e capazes de demonstrar o vigor das sementes, como a capacidade do embrião e do tecido de reserva dessas sementes de feijão-azuki em formarem ou não, plântulas normais. A porcentagem de germinação foi de 55%, demonstradas pela porcentagem de plântulas anormais. O que não caracteriza um estande uniforme se as sementes forem semeadas no campo, mesmo em condições adequadas de temperatura, umidade e fotoperíodo. Ainda seriam necessários mecanismos para acelerar a hidratação de sementes duras e formar um lote mais homogêneo, de crescimento mais acelerado.

A porcentagem de germinação variou entre os dois dias de contagem devido à formação de estruturas. Plântulas que ao primeiro dia de contagem expunham apenas raiz primária e início de desenvolvimento do hipocótilo foram classificadas como normais, denotando a capacidade germinativa da semente. Já para a contagem final, plântulas que apresentavam estruturas completas e normais, foram evidenciadas na porcentagem germinativa; plântulas anormais e sementes não-germinadas não são pertencentes ao valor percentual de germinação, sendo interpretado como à sua incapacidade de gerar uma plântula bem desenvolvida estruturalmente (BRASIL, 2009; KRYZANOWSKI *et al.*, 1999).

A Tabela 4 contém as informações a respeito do teste de massa de matéria seca, outra forma de avaliar o vigor das sementes. As classes II e III apresentaram maior frequência, e as plântulas com maior vigor (classe III e IV) apresentaram maior teor de massa de matéria seca para ambas as estruturas preservadas no teste (parte aérea e sistema radicular).

Tabela 4 – Dados médios obtidos das plântulas de feijão-azuki para: Massa Seca do Sistema Radicular (M.S. S.R), Massa Seca de Parte Aérea (M.S. P.A) e Massa Seca Total (M.S. Total).

MASSA DE MATÉRIA SECA								
Classes	Menor	Maior	Nº Sem.	Freq.	A.S.	M.S. S.R. (g)	M.S. P.A (g)	M.S. Total (g)
				- % -	--- cm² ---	----- g.plântula ⁻¹ -----		
I	0,108	0,148	21	10,5	0,136 d	0,004 d	0,008 d	0,012 d
II	0,149	0,189	105	52,5	0,173 c	0,006 c	0,009 c	0,015 c
III	0,190	0,230	63	31,5	0,204 b	0,008 a	0,012 a	0,020 a
IV	0,231	0,271	11	5,5	0,242 a	0,007 b	0,011 b	0,018 b
CV(%):	-	-	-	-	23,81	24,13	18,40	23,54

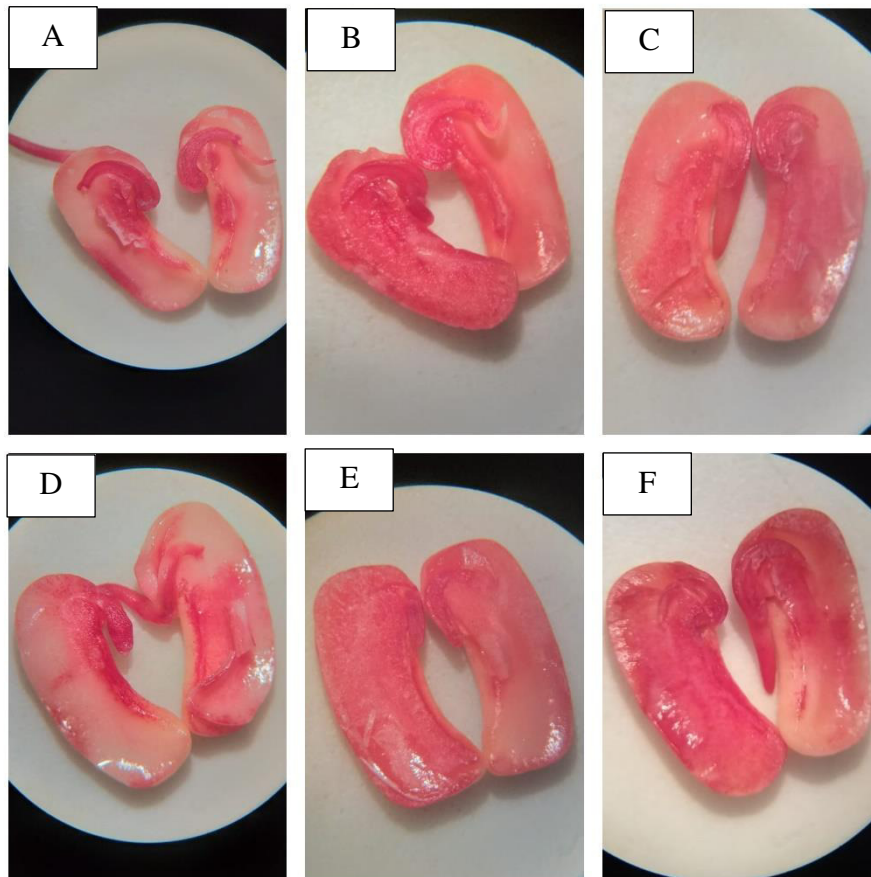
Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

As classes III e IV apresentaram maior teor de massa de matéria seca, indicando melhor vigor e desempenho se comparado às outras duas classes. Porém, o teor de massa seca das plântulas não é um indicativo decisivo para avaliar a qualidade de um lote de sementes ou a escolha ideal de um teste de avaliação do vigor, pois plântulas anormais também podem apresentar alto teor de massa de matéria seca devido ao crescimento desordenado por fatores estressantes do meio (VANZOLINI et. al., 2007).

O teste de Tetrazólio foi feito para avaliar a viabilidade das sementes de feijão-azuki, através da visualização de tecidos fisiologicamente ativos que são corados em fortes tons avermelhados ou rosados, reação esta, que é possível pela reação enzimática e respiratória (com liberação de prótons H⁺) de células metabolicamente ativas (Figura 9). Mostrando de forma rápida, a identificação de fatores que influenciam a qualidade das sementes, como danos causados por pragas, umidade e secagem, danos mecânicos (KRYZANOWSKI et al., 1999).

Conforme foram formadas as classes de viabilidade para feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.), observou-se os resultados do teste de tetrazólio para o feijão-azuki, havendo um comparativo para os resultados de Kryzanowski et al. (1999), em que tecidos cotiledonares apresentaram, predominantemente, áreas branco-leitosas (tecido morto) ou forte róseo-escuro (avançado estágio de deterioração), indicando médio vigor, sendo identificado na terceira classe caracterizados provavelmente por danos mecânicos.

Figura 9 – Resultados do teste de tetrazólio para avaliação da viabilidade das sementes não-germinadas de feijão-azuki ao final do teste de germinação.



Fonte: MESQUITA, 2019.

Diante disso, seria necessário outros testes para avaliar de forma mais detalhada o porquê de o vigor das sementes de feijão-azuki terem sido baixos, visto que, apesar da classe IV apresentar sementes maiores e robustas, a classe III ostentou plântulas mais vigorosas e com maior massa de matéria seca. Podendo indicar problemáticas internas da semente, como danos ou fissuras nos tecidos, a quantidade dos tecidos de reserva, dormências físicas que dificultem a absorção de água, tamanho do embrião, entre outros fatores. Para ampliar os estudos sobre essa espécie, poderia ser feito posteriormente a captura de imagens por outros equipamentos, permitindo a visualização da morfologia interna, como o uso de raios X, ressonância magnética ou micro tomografia computadorizada.

6 CONCLUSÃO

A análise de imagens possibilita a avaliação da morfologia externa de sementes e plântulas de feijão-azuki. Além disso, é possível relacionar as características morfométricas com o potencial fisiológico das sementes.

REFERÊNCIAS

- ABUD, Haynna Fernandes; GONÇALVES, Nayara Roberto; REIS, Rodrigo de Goes Esperon; GALLÃO, Maria Izabel; INNECCO, Renato. **Morfologia de sementes e plântulas de cártamos**. Revista Ciência Agronômica, vol. 41, n. 2, p. 259-265, abr-jun, 2010.
- ABUD, Haynna Fernandes; ARAUJO, Roberto Fontes; PINTO, Cleide Maria Ferreira; ARAUJO, Eduardo Fontes; ARAUJO, Alisson Vinicius; SANTOS, Jussara Aparecida dos **Caracterização morfométrica dos frutos de pimenta malagueta e biquinho**. Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS), vol. 8, n. 2, p. 29-39, junho, 2018.
- AMARO, Hugo T.R.; DAVID, Andréia M.S.S.; ASSIS, Miquéias O.; RODRIGUES, Bruno R.A.; CANGUSSÚ, Lucas V.S.; OLIVEIRA, Marina B. **Testes de vigor para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de feijoeiro**. Revista de Ciências Agrárias, vol. 38, n. 3, p. 383-389, maio, 2015.
- AZEVEDO, Tatiane Kelly Barbosa de. **Relação de raiz e parte aérea de plantas jovens em grupos funcionais fenológicos da caatinga**. Recife, p. 19-24, fevereiro, 2014.
- BENTO, Sílvia Regina Silva de Oliveira; SANTOS, Ana Elisa Oliveira dos; MELO, Dalila Regina Mota de; TORRES, Salvador Barros. **Eficiência dos testes de vigor na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de mulungu (*Erythrina velutina* Willd.)**. Revista Brasileira de Sementes, vol. 32, n. 4 p. 111 - 117, maio, 2010.
- DELIC, Dusica; STAJKOVIC, Olivera; RASULIC, Natasa; KUZMANOVIC, Djordje; JOSIC, Dragana; MILICIC, Bogic. **Nodulation and N₂ Fixation Effectiveness of Bradyrhizobium Strains in Symbiosis with Adzuki Bean, *Vigna angularis***. Brazilian Archives of Biology and Technology, vol. 53, n. 2, p. 293 - 299, março-abril, 2010.
- FRIGERI, Renita Betero Corrêa. **Relação entre raiz e parte aérea de plântulas de espécies arbóreas tropicais sob diferentes níveis de radiação solar**. Campinas, p. 23-28, maio, 2007.
- GOHARA, Aline Kirie; SOUZA, Aloisio Henrique Pereira de; GOMES, Sandra Terezinha Marques; SOUZA, Nilson Evelázio de; VISENTAINER, Jesuí Vergílio; MATSUSHITA,

Makoto. **Nutritional and bioactive compounds of adzuki bean cultivars using chemometric approach.** *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, vol. 40, ed. 1, p. 104-113, jan - fev., 2016.

LIMA, Juliana Maria Espíndola; SMIDERLE, Oscar José; OLIVEIRA, João Almir; CARVALHO, Maria Laene Moreira de; **Técnicas de Análise de imagem para caracterização de qualidade de sementes de paricarana (*Bowdichia virgilioides* Kunth).** *Ciência Florestal*, Santa Maria, vol. 28, n. 3, p. 1202-1216, jul.- set., 2018.

MACEDO, Marichel Canazza; SCALON, Silvana de Paula Quintão; SARI, Aline Perlin; SCALON FILHO, Homero; ROSA, Yara Brito Chaim Jardim; ROBAINA, Antônio Dias. **Biometria de frutos e sementes e germinação de *Magonia pubescens* ST. Hil (*Sapindaceae*).** *Revista Brasileira de Sementes*, vol. 31, nº 2, p. 202-211, abril, 2009.

MARCOS FILHO, Julio; KIKUTI, Ana Lúcia Pereira; LIMA, Liana Baptista de. **Métodos para avaliação do vigor de sementes de soja, incluindo a análise computadorizada de imagens.** *Revista Brasileira de Sementes*, vol. 31, n. 1, p. 102-112, janeiro, 2009.

MONDO, Vitor Henrique Vaz; CICERO, Silvio Moure. **Análise de imagens na avaliação da qualidade de sementes de milho localizadas em diferentes posições na espiga.** *Revista Brasileira de Sementes*, vol. 27, n. 1, p. 09-18, 2005.

MONDO, Vitor Henrique Vaz; CICERO, Silvio Moure; DOURADO NETO, Durval; PUPIM, Túlio Lourenço; DIAS, Marcos Altomani Neves. **Vigor de sementes e desempenho de plantas de milho.** *Revista Brasileira de Sementes*, vol. 34, n. 1, p. 000-000, junho, 2012.

OLIVEIRA, Aline P. de; NAOZUKA, Juliana. **Effects of Iron Enrichment of Adzuki Bean (*Vigna angularis*) Sprouts on Elemental Translocation, Concentrations of Proteins, Distribution of Fe-Metalloproteins, and Fe Bioaccessibility.** *J. Brazil Chemical Society.*, vol. 28, n. 10, p. 1937-1946, 2017.

ORSI, Daniela Castilho; NISHI, Adriana Cândida Faustino; CARVALHO, Vania Silva; ASQUIERI, Eduardo Ramirez. **Caracterização química, atividade antioxidante e**

formulação de doces com feijão-azuki (*Vigna angularis*). Campinas, vol. 20, ed. 2016174, 2017.

PÁDUA, Gilda Pizzolante de; ZITO, Roberto Kazuhiko; ARANTES, Neylson Eustáquio; FRANÇA NETO, José de Barros. **Influência do tamanho da semente na qualidade fisiológica e na produtividade da cultura da soja.** Revista Brasileira de Sementes, vol. 32, n. 3, p. 009-016, 2010.

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

RESENDE, Osvaldo; ALMEIDA, Dieimisson Paulo; COSTA, Lílian Moreira; MENDES, Udenys Cabral; SALES, Juliana de Fátima. **Adzuki beans (*Vigna angularis*) seed quality under several drying conditions.** Revista Ciência e Tecnologia Alimentar, Campinas, vol. 32, ed. 1, p. 151-155, jan.- mar., 2012.

SANTOS, Fabiana Silva dos; PAULA, Rinaldo César; SABONARO, Débora Zumkeller; VALADARES, Jane. **Biometria e qualidade fisiológica de sementes de diferentes matrizes de *Tabebuia chrysotricha* (Mart. Ex A. DC.) Standl.** Scientia Forestalis, Piracicaba, vol. 37, n. 82, p. 163-173, jun. 2009.

SILVA, Patrícia P.; FREITAS, Raquel A.; CÍCERO, Silvio Moure; MARCOS FILHO, Júlio; NASCIMENTO, Warley M. **Análise de imagens no estudo morfológico e fisiológico de sementes de abóbora.** Horticultura brasileira, vol. 32, n. 2, abr.-jun. 2014.

TEIXEIRA, Everton Félix; CÍCERO, Silvio Moure; DOURADO NETO, Durval. **Análise de imagens digitais de plântulas para avaliação do vigor de sementes de milho.** Revista Brasileira de Sementes, vol. 28, n. 2, p. 159-167, 2006.

VANZOLINI, Silvelena; ARAKI, Carlos Alberto dos Santos; SILVA, Ana Carolina Toste Manso da, NAKAGAWA, João. **Teste de comprimento de plântulas na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja.** Revista Brasileira de Sementes, vol. 29, n. 2, p. 90-96, abril, 2007.

VIEIRA, Rogério Faria. **Comportamento de cultivares de feijão-azuki em diferentes épocas de plantio em Ponte Nova e Leopoldina, Minas Gerais.** Revista Ceres, Viçosa, vol. 49, n. 286, p. 705-712, 2002.