



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AMBIENTE, TECNOLOGIA E SOCIEDADE
MESTRADO EM AMBIENTE, TECNOLOGIA E SOCIEDADE

KELEM CRISTIANY NUNES SILVA

**AVALIAÇÃO DO VIGOR DE SEMENTES CRIOULAS DE MILHO (*Zea mays* L.)
UTILIZANDO TESTES TRADICIONAIS E ANÁLISE DE IMAGENS**

MOSSORÓ - RN

2020

KELEM CRISTIANY NUNES SILVA

**AVALIAÇÃO DO VIGOR DE SEMENTES CRIOULAS DE MILHO (*Zea mays* L.)
UTILIZANDO TESTES TRADICIONAIS E ANÁLISE DE IMAGENS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ambiente, Tecnologia e Sociedade da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Mestre em Ambiente, Tecnologia e Sociedade.

Linha de Pesquisa: Tecnologias sustentáveis e recursos naturais do semiárido.

Orientador: Profa. Dra. Clarisse Pereira Benedito

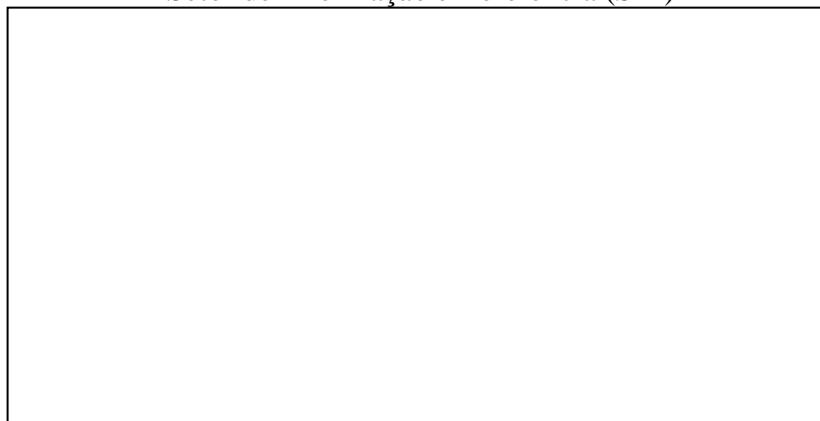
Coorientadores: Prof. Dr. Márcio Dias Pereira e Prof. Dr. Gianluigi Bacchetta

MOSSORÓ

2020

©Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Central Orlando Teixeira (BCOT)
Setor de Informação e Referência (SIR)

A large, empty rectangular box with a black border, intended for the CIP (International Cataloguing in Publication) data.

Bibliotecário-Documentalista
Nome do profissional, Bib. Me. (CRB-15/10.000)

KELEM CRISTIANY NUNES SILVA

**AVALIAÇÃO DO VIGOR DE SEMENTES CRIOULAS DE MILHO (*Zea mays* L.)
UTILIZANDO TESTES TRADICIONAIS E ANÁLISE DE IMAGENS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ambiente, Tecnologia e Sociedade da Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Mestre em Ambiente, Tecnologia e Sociedade.

Linha de Pesquisa: Tecnologias sustentáveis e recursos naturais do semiárido.

Defendida em: 18/02/2020.

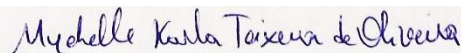
BANCA EXAMINADORA



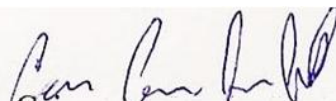
Profa. Dra. Clarisse Pereira Benedito (UFERSA)
Presidente



Prof. Dr. Gianluigi Bacchetta (Università degli Studi di Cagliari)
Membro Examinador



Profa. Dra. Mychelle Karla Teixeira de Oliveira (UFERSA)
Membro Examinador



Prof Dr. Caio César Pereira Leal (IFRN)
Membro Examinador

A Deus.

OFEREÇO

A Vanessa Nunes Silva, minha irmã amada.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ser luz nos momentos difíceis e por ser tudo que tem operado em minha vida. Sem o qual, nada disso seria possível.

A minha família, em especial a minha mãe Maria Cleone de Freitas Nunes Edvirgens, que sempre abdicou de tudo por nós e mais uma vez ela foi apoio, incentivo e amor nesta caminhada e por saber que ela estava presente sempre me entregando a Deus em suas orações que eu sabia que podia ir mais longe. Ao meu pai, que mesmo sem entender o que eu estava fazendo, afinal eu plantava um monte de sementes e ele nunca viu uma espiga de milho desse plantio, me ajudou a coletar sementes e participou no que eu precisei. Ele que é agricultor desde os oito anos de idade, e sempre viveu no campo, é um incentivo para que eu deseje um ambiente melhor para a agricultura familiar.

A minha tia Cléa Maria de Freitas Nunes, que sempre esteve presente nos momentos que eu precisei de apoio, sem medir distância ela sempre fez tudo para que o mundo fosse um lugar melhor para mim. E em nome dela eu agradeço a todas as minhas tias maternas que também são portos seguros, cada uma do seu jeito, se preocupam, participa e me apoiam com amor e proteção.

A minha irmã Vanessa Nunes Silva, pessoa ao qual eu dedico essa dissertação e que eu apendi a admirar ainda mais pela sua força e determinação desde o dia que eu comecei esse mestrado. Ela que ao fazer o seu mestrado teve que escrever duas dissertações no curto espaço de tempo com temas totalmente diferentes e professores também, então todas as vezes que eu estava com dificuldade era involuntário lembrar o que ela passou e amá-la ainda mais.

A família do Laboratório de Análise de Sementes, uma verdadeira família científica, que eu gostaria de representar todos e todas através de Linara Ferreira Sousa Silva pela ajuda nos experimentos, pela doação e dedicação ao meu trabalho, num espírito de cooperação e responsabilidade com resultados.

Ao André Dantas de Medeiros que me recebeu na Universidade Federal de Viçosa (UFV) e compartilhou comigo todas as tecnologias que estavam sendo utilizadas por eles e esteve comigo em todos os testes que foram realizados na UFV, ajudando, orientando e compartilhando o seu conhecimento.

Ao Prof. Dr. Márcio Pereira Dias por ter sido sempre aquela pessoa que desde que nos conhecemos, sempre me incentivou a fazer mestrado, ele era aquele que sutilmente ou abertamente abria os meus olhos para voltar à universidade e entrar na pós-graduação.

Obrigada por ser amigo acima de tudo, e por saber que mesmo distante podemos contar um com o outro. Graças a sua articulação, compromisso e cuidado comigo foi possível todo o aprendizado na Universidade Federal de Viçosa – UFV, e como fluiu bem o tempo que passei lá sempre com você acompanhando a distância.

E um agradecimento muito especial a minha orientadora Profa. Dra. Clarisse Pereira Benedito, que é uma pessoa de luz única, paciente, dedicada, e com uma sensibilidade para docência e para compartilhar o seu conhecimento como poucos professores que já conheci. A conclusão deste trabalho de pesquisa só foi possível devido a sua orientação e dedicação. Que Deus a abençoe e que outros alunos e alunas possam ter a oportunidade de aprender com você. Gratidão!

A professora doutora Gardênia Silvana de Oliveira Rodrigues pela disponibilidade e contribuições na estatística do meu trabalho.

Aos meus amigos e amigas que dividiram este momento comigo, em especial a Andrezza Kyarelle Bezerra de Moura que sempre estava disposta a ler e contribuir com minha dissertação e apontar melhorias mesmo não sendo a área dela, além das palavras de incentivo. Aos técnicos da EMATER que ajudaram a localizar os agricultores e a coletar semente, em especial a Vítor Hugo Pedraça da Emater Mossoró e Saulo Samuel Carneiro Praxedes da Emater Caraúbas.

Aos agricultores familiares que disponibilizaram as suas sementes, e que nos receberam tão bem em suas casas.

Gratidão!

“É preciso estudar muito para saber um pouco.”

Montesquieu

RESUMO

SILVA, Kelem Cristiany Nunes. **Avaliação do vigor de sementes crioulas de milho (*Zea mays* L.) utilizando testes tradicionais e análise de imagens**. 2020. 51 f. Dissertação (Mestrado em Ambiente, Tecnologia e Sociedade) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró, RN, 2020.

As sementes crioulas são variedades adaptadas ou produzidas geralmente por agricultores familiares, consideradas recurso básico e de grande importância para autonomia, segurança alimentar e nutricional, necessárias para permanência do homem no campo. A avaliação da qualidade das sementes através de testes de vigor representa um auxílio importante para esses agricultores, com o intuito de classificar esses materiais em diferentes níveis de vigor. Dessa forma, objetivou-se avaliar a eficiência de testes físicos, fisiológicos e sanitário na classificação de lotes de sementes crioulas de milho (*Zea mays* L.) em comparação com uma cultivar comercial, como também comparar os resultados das análises de imagens de plântulas dessas sementes com as análises fisiológicas tradicionais. Foram avaliados 24 lotes de milho crioulo adquiridos em sete regiões do Oeste Potiguar e uma cultivar comercial distribuída pelo Programa Banco de Sementes do Estado do RN. A qualidade física foi determinada pelos seguintes testes: grau de umidade, pureza física, determinação de outras sementes e peso de mil sementes, e para avaliação da qualidade sanitária realizou-se o exame de sementes infestadas. A qualidade fisiológica foi determinada pelo teste de germinação, primeira contagem, comprimento da parte aérea e da raiz, massa seca da parte aérea e da raiz, emergência, índice de velocidade de emergência, envelhecimento acelerado, condutividade elétrica e lixiviação de potássio. Através do Sistema de Análise de Plântulas (SAPL) foram calculados os índices de comprimento de plântulas, uniformidade, crescimento e vigor. Os testes físicos e fisiológicos são eficientes na classificação dos lotes em diferentes níveis de vigor, no entanto, o sistema de análise de plântulas não estratifica os lotes de forma semelhante aos testes tradicionais. A cultivar comercial usada no presente estudo, apresenta potencial fisiológico inferior em relação às sementes crioulas na maioria dos testes realizados.

Palavras-chave: Poaceae, SAPL, Testes de Vigor, Potencial Fisiológico.

ABSTRACT

SILVA, Kelem Cristiany Nunes. **Evaluation of heirloom seeds of maize (*Zea mays* L.) using traditional tests and image analysis.** 2020. 51 f. Dissertation (Master's degree in Environment, Technology and Society) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró, RN, 2020.

Heirloom seeds are varieties adapted or produced usually by family farmers, considered a basic resource of great importance for autonomy as well as food and nutritional security, necessary for the permanence of farmers in the field. Seed quality evaluation through vigor tests represents an important aid for these farmers, with the aim of classifying these materials into different levels of vigor. Thus, the objective was to evaluate the efficiency of physical, physiological and sanitary tests in the classification of lots of heirloom seeds of maize (*Zea mays* L.), compared to a commercial cultivar, as well as comparing the results of the image analysis of seedlings grown from these seeds with those obtained by traditional physiological analyses. Twenty-four lots of heirloom maize purchased in seven regions of western Rio Grande do Norte and a commercial cultivar distributed by the Seed Bank Program of Rio Grande do Norte State were evaluated. The physical quality was determined by the following tests: moisture content, physical purity, determination of other seeds and 1000-seed weight. For sanitary quality, infested seeds were examined. Physiological quality was determined by germination test, first count, shoot and root length, shoot and root dry mass, emergence, emergence speed index, accelerated aging, electrical conductivity and potassium leakage. The System for Seedling Analysis (Sistema de Análise de Plântulas - SAPL) was used to calculate seedling length, uniformity, growth and vigor indices. Physical and physiological tests are efficient in classifying lots into different levels of vigor, but SAPL does not stratify lots as traditional tests do. The commercial cultivar used in the present study showed lower physiological potential than heirloom seeds in most of the tests performed.

Keywords: Poaceae, SAPL, Vigor Tests, Physiological Potential.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Mapa de localização da coleta de sementes crioulas utilizadas no experimento.....	26
Figura 2	– Ficha de coleta e identificação dos lotes de sementes crioulas de milho coletadas em diferentes regiões	26
Figura 3	– Disposição das sementes ao terceiro dia de germinação para aquisição das imagens	30
Figura 4	– Configuração de análise de imagens de plântulas de milho pelo software SAPL - Sistema de Análise de Plântulas (A), Carregamento de imagens (B) e Correção individual da parte aérea e sistema radicular.....	31
Figura 5	– Tela de Processamento individual de plântulas de milho, aos 3 dias de germinação, dos lotes 19 (A) e 23 (B), sendo avaliadas quanto ao comprimento pelo SAPL.....	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Série histórica de Área Plantada (em mil hectares) de milho das safras 2009/10, 2010/11, 2011/12, 2012/13, 2013/14, 2014/15, 2015/16, 2016/17, 2017/18, 2018/19 da região Nordeste (NE).....	16
Tabela 2	– Série histórica de Produção (em mil toneladas) de milho das safras 2009/10, 2010/11, 2011/12, 2012/13, 2013/14, 2014/15, 2015/16, 2016/17, 2017/18, 2018/19 da região Nordeste (NE).....	17
Tabela 3	– Série histórica de Produtividade (kg/hectare) de milho das safras 2009/10, 2010/11, 2011/12, 2012/13, 2013/14, 2014/15, 2015/16, 2016/17, 2017/18, 2018/19 da região Nordeste (NE).....	17
Tabela 4	– Denominação das sementes crioulas proferida atualmente pelos agricultores familiares, em cada unidade federativa do Semiárido Brasileiro.....	18
Tabela 5	– Valores médios referentes ao peso de mil sementes (PMS), grau de umidade (GU), pureza física (%) e exame de sementes infestadas (ESI) de 24 lotes de sementes crioulas milho e um lote comercial.....	32
Tabela 6	– Valores médios referentes à primeira contagem de germinação (PC), germinação (G), envelhecimento acelerado (EA), grau de umidade após o envelhecimento acelerado (GU/EA), lixiviação de potássio (LP) e condutividade elétrica (CE) de 24 lotes de sementes crioulas de milho e um lote comercial.....	35
Tabela 7	– Valores médios referentes à emergência (E), índice de velocidade de emergência (IVE), comprimento da parte aérea (CPA), comprimento de raiz (CR), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSR) de plântulas oriundas de 24 lotes de sementes de milho crioulo e uma comercial.....	37
Tabela 8	– Comprimento total de plântulas, índice de uniformidade (IU), índice de crescimento (IC), índice de vigor (IV) a partir da avaliação de 24 lotes de sementes crioulas de milho e um lote comercial, através do software SAPL (Sistema de Análise de Plântulas), em plântulas com três dias de germinação a 30 °C.....	40
Tabela 9	– Coeficientes de correlação simples de Pearson (r) estimados entre os testes de primeira contagem (PC), germinação (G), envelhecimento acelerado (EA), índice de velocidade de emergência (IVE), emergência (E), comprimento da parte aérea (CPA), comprimento de raiz (CR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR), condutividade elétrica (CE), lixiviação de potássio (LP) e os índices calculados pelo SAPL (Sistema Análise de Plântulas) comprimento de plântula (CP), índice de uniformidade (IU), índice de crescimento (IC) e índice de vigor (IV) para 24 lotes de sementes crioulas e uma comercial.....	41

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BCS	Banco Comunitário de Sementes
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
TIRFAA	Tratado Internacional sobre os Recursos Fitogenéticos para a Alimentação e a Agricultura
UFERSA	Universidade Federal Rural do Semi-Árido
UFRN	Universidade Federal do Rio Grande do Norte
SAPL	Sistema de Análise de Plântulas
ISTA	Internacional Seed Testing Association
ASA	Articulação Semiárido Brasileiro
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
FAO	Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
2.1	Cultura do milho.....	15
2.2	Sementes crioulas.....	18
2.3	Qualidade das sementes.....	20
2.4	Testes para avaliação da qualidade das sementes.....	21
2.4.1	Testes físicos.....	22
2.4.2	Testes fisiológicos baseados no desempenho ou características das plântulas..	23
2.4.3	Testes de resistência a estresse.....	23
2.4.4	Testes bioquímicos baseados na integridade das membranas.....	23
2.4.5	Análise de imagens de plântulas.....	24
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	25
2.1	Aquisição sementes.....	25
2.2	Análises físicas e sanitária.....	27
2.2.1	Grau de umidade.....	27
2.2.2	Pureza física.....	27
2.2.3	Determinação de outras sementes.....	27
2.2.4	Peso de mil sementes.....	27
2.2.5	Exame de sementes infestadas por insetos.....	27
2.3	Análises fisiológicas.....	28
2.3.1	Germinação.....	28
2.3.2	Primeira contagem.....	28
2.3.3	Comprimento da parte área e raiz.....	28
2.3.4	Emergência de plântulas.....	28
2.3.5	Índice de velocidade de emergência (IVE).....	29
2.3.6	Envelhecimento acelerado.....	29
2.3.7	Condutividade elétrica.....	29
2.3.8	Lixiviação potássio.....	29
2.4	Análise de imagens de plântulas.....	30
2.5	Delineamento e análise estatística.....	31
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31

3.1	Análises físicas e sanitária.....	31
3.2	Análises fisiológicas.....	34
3.3	Análises de imagens de plântulas x análises fisiológicas tradicionais.....	39
4	CONCLUSÃO.....	42
	REFERÊNCIAS.....	43

1. INTRODUÇÃO

O milho é uma importante *commodity* para o agronegócio brasileiro, presente em diversas cadeias produtivas possuindo grande representatividade no mercado interno (SANTOS; BALDONI, 2018). Possui grande relevância na agricultura, dada à participação determinante no sucesso ou fracasso dos cultivos, e no que se refere às sementes locais estas são consideradas componente da agrobiodiversidade, de valor inestimável as populações tradicionais (QUEIROZ et al., 2019), uma vez que contém todas as potencialidades da planta e é praticamente o único insumo ao alcance do pequeno produtor (COSTA; CAMPOS, 1997).

As sementes crioulas no Brasil são definidas como “cultivar local, tradicional ou crioula”, que são variedades desenvolvidas, adaptadas ou produzidas por agricultores familiares, assentados da reforma agrária ou indígenas, com características fenotípicas bem determinadas e reconhecidas pelas respectivas comunidades e que, considerando os critérios do MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento), como descritores socioculturais e ambientais, estas variedades não se caracterizem como substancialmente semelhantes às cultivares comerciais” (BRASIL, 2003).

A lei federal 10.711/2003, que regulamenta a produção e comercialização de sementes, permite que agricultores familiares multipliquem sementes para distribuição, troquem ou comercializem entre si, sem a necessidade de inscrição no Registro Nacional de Sementes e Mudas (BRASIL, 2003). No entanto, deve-se considerar a importância da avaliação do potencial fisiológico das sementes crioulas através dos testes de vigor, com o objetivo de auxiliar na escolha de materiais com qualidade superior.

Nas condições adversas do semiárido potiguar a utilização de sementes adaptadas às condições locais e de elevada qualidade fisiológica é de fundamental importância para o êxito da lavoura. Munizzi et al. (2010), relatam que sementes de maior qualidade fisiológica possuem maior velocidade nos processos metabólicos, proporcionando germinação mais rápida e uniforme de plântulas. No caso, o milho é geralmente plantado em regiões que nem sempre são favoráveis para a emergência e desenvolvimento inicial das plântulas (SBRUSSI; ZUCARELI, 2014), o que se aplica perfeitamente a pluralidade do semiárido nordestino.

A qualidade fisiológica das sementes baseia-se num conjunto de características que determinam seu valor para a semeadura, sugerindo que o potencial de desempenho das sementes somente pode ser identificado quando considerada, além da sanidade, a interação de atributos de natureza genética, física e fisiológica (HAMPTON, 2002).

O teste de germinação é usado mundialmente para avaliar a qualidade fisiológica de sementes de diferentes lotes, genótipos ou espécies (MENGARDA et al., 2015). No entanto, de acordo com Coimbra et al. (2009) somente a realização do teste de germinação não é o suficiente para identificar diferenças na qualidade fisiológica entre lotes de sementes. Simultaneamente, devem ser realizados testes de vigor, que são essenciais na análise de sementes para obtenção de mudas de qualidade, visto que o vigor permite o aumento da taxa de emergência em campo, o desenvolvimento de estande uniforme, contribui para o crescimento inicial das plântulas e para o desenvolvimento superior em condições de campo (NUNES et al., 2008).

Pesquisas avaliando o vigor de sementes crioulas já foram realizadas com sementes de milho (ANTONELLO et al., 2009; CATÃO et al., 2010; ARAÚJO et al., 2013; STEFANELLO et al., 2015; CRISOSTOMO et al., 2018), feijão (COELHO et al., 2010; MICHELS et al., 2014; RODRIGUES et al., 2016; SILVA, et al., 2019); mamona (FOGAÇA et al., 2017); arroz (MARQUES et al., 2018); milho pipoca (DALLA-COSTA et al., 2018) e fava (NASCIMENTO et al., 2019). No entanto, não são comuns estudos conduzidos com as sementes crioulas de milho utilizadas pelos agricultores familiares do semiárido potiguar.

Estudos que avaliam a qualidade fisiológica de sementes crioulas trazem informações importantes para a produção, armazenamento e otimização da germinação em diversas regiões, no entanto, para a região potiguar são escassas as informações sobre as variedades utilizadas pelos agricultores familiares do Estado. Neste contexto, os objetivos deste trabalho foram avaliar a qualidade física e fisiológica das sementes crioulas de milho (*Zea mays* L.) em comparação com uma cultivar comercial, como também avaliar as análises de imagens de plântulas das sementes crioulas de milho em comparação com os testes fisiológicos tradicionais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Cultura do Milho (*Zea mays* L.)

O milho pertence à família Poaceae, com origem no teosinto, *Zea mays*, subespécie mexicana (*Zea mays* ssp. mexicana (Schrader) Iltis, há mais de 8000 anos e que é cultivada em muitas partes do mundo (Estados Unidos da América, República Popular da China, Índia, Brasil, França, Indonésia, África do Sul, etc.). Esta planta pode ser utilizada para alimentação humana e animal, devido às suas elevadas qualidades nutricionais, contendo quase todos os aminoácidos conhecidos (BARROS; CALADO, 2014).

De acordo com dados da Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO) publicados em maio de 2019, o Brasil é o segundo maior exportador

mundial de milho, ficando atrás apenas dos Estados Unidos. Uma das razões que explicam o aumento da produção brasileira desta cultura está na utilização do produto para a fabricação de etanol. Segundo dados apresentados recentemente pela Companhia Nacional de Abastecimento (Conab), dos 30,3 bilhões de litros de etanol que serão produzidos no Brasil em 2019, 1,4 bilhão serão fabricados a partir do milho (AGÊNCIA BRASIL, 2019).

O Brasil é um importante produtor de milho, que a partir de meados da década de 1970 sofreu mudanças em termos de produção, produtividade e área principalmente nos cenários das regiões produtoras de *commodity* (ARTUZO et al., 2019). O cultivo desta espécie é realizado tanto pela agricultura familiar quanto pelas grandes empresas agropecuárias, sendo que, grande parte dos produtores de milho caracteriza-se como agricultores familiares e conduzem lavouras com baixa utilização de insumos e em condições desfavoráveis, seja do ponto de vista técnico, econômico, político e social (AGRICULTURA FAMILIAR, 2019).

Segundo dados da CONAB (2020) o Brasil registrou uma a área plantada com milho na safra 2018/2019 de 17,5 mil hectares, onde a região nordeste participou com 2,5 mil hectares, com 14,28% da produção brasileira de milho. Na tabela 1 (CONAB, 2020) detalha a área plantada de milho da região nordeste para as últimas dez safras, onde a área máxima a ser plantada foi de 3147,7 mil/ha e a mínima de 2421,5 mil/ha, não apresentando aumento ou diminuição expressiva ao longo das safras.

Tabela 1. Série histórica de área plantada (em mil hectares) de milho das safras 2009/10, 2010/11, 2011/12, 2012/13, 2013/14, 2014/15, 2015/16, 2016/17, 2017/18, 2018/19 da região Nordeste (NE).

UF/ NE	2009/10	2010/11	2011/12	2012/13	2013/14	2014/15	2015/16	2016/17	2017/18	2018/19
MA	382,4	477,6	454,6	506,7	606,4	514,3	354,3	491,7	483,4	410,8
PI	309,9	349,6	351,6	379,8	405,0	406,4	492,5	467,4	488,5	451,6
CE	535,6	723,0	520,6	408,7	480,6	480,6	460,2	514,0	535,1	501,9
RN	37,0	73,5	7,6	13,3	32,4	25,9	25,0	29,2	40,9	53,7
PB	69,6	157,2	39,8	53,1	76,6	62,9	84,6	86,5	108,6	96,1
PE	272,5	298,3	205,8	94,5	228,6	214,7	184,6	158,0	215,7	218,4
AL	58,0	57,2	29,7	34,4	31,0	30,1	28,3	37,2	26,2	37,2
SE	176,8	221,4	206,8	206,6	226,6	176,2	177,0	172,0	143,0	147,9
BA	806,9	789,9	605,0	628,4	812,5	764,3	618,7	646,9	611,2	592,2
NE	2.648,7	3.147,7	2.421,5	2.325,5	2.899,7	2.675,4	2.425,2	2.602,9	2.652,6	2.509,8

Fonte: CONAB, (2020).

Os dados da série histórica da CONAB (2020) para a safra 2009/2010 apresentam que a produção de milho no nordeste estava concentrada nos estados da Bahia, Sergipe, Maranhão e Piauí, respectivamente são responsáveis por 91,62% da produção da região. Esta realidade ainda persiste na safra 2018/2019, porém o estado do Piauí passou a ser o maior produtor seguindo do

Maranhão, Bahia e Sergipe, respondendo assim por 90,32% da safra da região nordeste atualmente (Tabela 2).

Tabela 2. Série histórica de Produção (em mil toneladas) de milho das safras 2009/10, 2010/11, 2011/12, 2012/13, 2013/14, 2014/15, 2015/16, 2016/17, 2017/18, 2018/19 da região Nordeste (NE).

UF/NE	2009/10	2010/11	2011/12	2012/13	2013/14	2014/15	2015/16	2016/17	2017/18	2018/19
MA	562,1	879,7	731,6	1.309,4	1.725,9	1.469,2	874,4	1.951,9	1.884,0	1.792,5
PI	353,6	705,1	787,2	542,8	1.029,4	1.064,3	739,5	1.386,3	1.488,8	1.844,4
CE	175,1	949,3	73,9	98,1	401,3	151,4	163,8	418,9	416,3	397,5
RN	9,2	49,4	2,6	4,7	20,5	7,5	7,7	10,2	19,3	34,6
PB	6,3	97,0	4,2	26,3	35,4	20,3	20,1	38,6	84,7	46,1
PE	125,6	190,9	24,1	15,8	94,0	58,2	22,2	54,6	113,8	115,4
AL	41,8	51,1	22,4	21,9	27,5	30,3	19,1	25,1	28,6	53,2
SE	722,8	928,1	543,7	941,5	1.058,2	668,5	140,7	812,0	115,5	766,6
BA	2.277,1	2.277,4	2.174,3	1.899,3	3.182,3	2.773,4	1.447,9	1.983,7	2.294,8	1.630,1
NE	4.273,6	6.128,0	4.364,0	4.859,8	7.574,5	6.243,1	3.435,4	6.681,3	6.445,8	6.680,4

Fonte: CONAB, (2020).

Na região semiárida do Nordeste brasileiro, o baixo rendimento desta cultura tem sido atribuído às condições climáticas adversas, ao baixo nível de capitalização dos produtores e à consequente baixa quantidade de insumos utilizados.

Com relação à produtividade, na região nordeste, os estados que mais produziram na safra 2009/2010 foram Sergipe, Bahia, Maranhão e Piauí, permanecendo na liderança até a safra de 2018/2019. O estado do Rio Grande do Norte está entre os que apresentam os menores valores de produtividade (CONAB, 2020). Para Castro (2012) a cultura do milho talvez possa ser a cultura que melhor represente a situação do atraso tecnológico e da falta de assistência técnica dos agricultores familiares na região nordeste.

Tabela 3. Série histórica de produtividade (kg/hectare) de milho das safras 2009/10, 2010/11, 2011/12, 2012/13, 2013/14, 2014/15, 2015/16, 2016/17, 2017/18, 2018/19 da região Nordeste (NE).

UF/NE	2009/10	2010/11	2011/12	2012/13	2013/14	2014/15	2015/16	2016/17	2017/18	2018/19
MA	1.470	1.842	1.609	2.584	2.846	2.857	2.468	3.970	3.897	4.363
PI	1.141	2.017	2.239	1.429	2.542	2.619	1.502	2.966	3.048	4.084
CE	327	1.313	142	240	835	315	356	815	778	792
RN	248	672	337	355	633	288	309	348	473	645
PB	91	617	106	496	462	322	237	446	780	480
PE	461	640	117	167	411	271	120	345	527	528
AL	720	893	754	637	887	1.007	674	674	1.091	1.430
SE	4.088	4.192	2.629	4.557	4.670	3.794	795	4.721	808	5.183
BA	2.822	2.883	3.594	3.022	3.917	3.629	2.340	3.067	3.755	2.753
NE	1.263	1.674	1.281	1.499	1.911	1.678	978	1.928	1.684	2.251

Fonte: CONAB, (2020).

2.2 Sementes Crioulas

As sementes crioulas formam um patrimônio gênico único, pois as possíveis alterações genéticas, contraídas ao longo de séculos, decorreram de sua relação com o próprio ambiente, ou seja, *in situ*, sem ingerência externa. Seu rendimento junto ao solo, ao clima, às plantas ruderais ou adventícias, às pragas e aos insetos, enfim, ao ecossistema é de amplo conhecimento dos camponeses (Lima e Santos, 2018). Semente crioula é aquela cultivada e conservada localmente, adaptada ao solo, ao clima e às práticas de manejo das comunidades rurais; onde os agricultores guardam grande conhecimento sobre essas variedades locais, que foram desenvolvidas ao longo de gerações para atender às necessidades e aos usos de comunidades rurais (Londres, 2014).

A forte relação que essas sementes guardam com a identidade cultural de diferentes povos e comunidades é expressa pelas variadas denominações que elas recebem (PETERSEN et al., 2013), a Articulação Semiárido Brasileiro (ASA) por meio de atividades desenvolvidas no semiárido contribuiu com os agricultores para criar suas próprias denominações das sementes crioulas por região (Tabela 4). Embora para Santos, Curado e Tavares (2019) as denominações pouco importam para as famílias, pois o que valorizam mesmo são as sementes, resultado do intenso processo de pesquisa, de seleção e trocas realizadas pelos povos do semiárido.

Tabela 4. Denominação das sementes crioulas proferida atualmente pelos agricultores familiares, em cada unidade federativa do Semiárido Brasileiro.

Unidade Federativa	Denominação de Sementes Crioulas
Alagoas	Sementes da Resistência
Bahia	Sementes da Terra
Ceará	Sementes da Vida
Minas Gerais	Sementes da Gente
Paraíba	Sementes da Paixão
Pernambuco	Sementes da Partilha
Piauí	Sementes da Fatura
Sergipe	Sementes da Liberdade
Rio Grande do Norte	Sementes da Tradição

Fonte: ASA, (2019).

Nesse sentido, os agricultores familiares afiguram-se como protagonistas importantes da transição à economia sustentável, já que, ao mesmo tempo em que são produtores de alimentos e outros produtos agrícolas, eles desempenham a função de guardiãs da paisagem e conservadores da biodiversidade. A agricultura familiar constitui assim a melhor forma de ocupação do território, respondendo a critérios sociais (geração de auto emprego e renda a um custo inferior ao da geração de empregos urbanos) e ambientais (SACHS, 2001; CRUZ et al., 2006).

Os sistemas agrícolas locais mantêm a diversidade genética no campo, nos quais são desenvolvidas variedades agrícolas adaptadas a condições locais específicas, cujos sistemas formais não têm condições e/ou interesse em produzir e comercializar. Além disso, são nestes sistemas que se produzem sementes em áreas remotas e de difícil acesso, aonde os sistemas formais não chegam. E para os agricultores de baixa renda, a possibilidade de eliminar os custos com a aquisição de sementes comerciais também tem um peso significativo na escolha das sementes locais (SACHS, 2001; CRUZ et al., 2006; SOUZA, 2018).

Por meio de um processo de observação e de seleção, e conforme preferências e valores culturais específicos de cada local, os agricultores produziram as variedades crioulas, que são portadoras de alta rusticidade e, com resistência a doenças, pragas e desequilíbrios climáticos, e podem armazenar as sementes para as safras seguintes, o que diminui o custo de produção (PATERNIANI; NASS; SANTOS, 2000; CARPENTIERI-PÍPOLO et al., 2010). Esses materiais detêm combinações alélicas importantes e a substituição desses por cultivares modernos, como tem acontecido desde a década de 1950, não apenas vem gerando o processo de erosão genética, como também ameaça o conhecimento tradicional de cultivos peculiares (BOEF, 2007; ARAÚJO et al., 2013).

Segundo Souza (2018), o Brasil dirige esforços através da parceria entre a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), para implementação do Tratado Internacional sobre os Recursos Fitogenéticos para a Alimentação e a Agricultura (TIRFAA) para reconhecer em seu artigo 9º, o direito dos agricultores e a enorme contribuição que as comunidades locais e indígenas e os agricultores de todas as regiões do mundo, particularmente dos centros de origem e de diversidade de cultivos, têm realizado e continuarão a realizar para a conservação e para o desenvolvimento dos recursos fitogenéticos que constituem a base da produção alimentar e agrícola em todo o mundo. No entanto, ainda de acordo com esse Tratado, no que se refere às ações que efetivamente viabilizem a produção de espécies crioulas nas propriedades rurais, o Brasil ainda está distante do ideal, seja pelas leis que favorecem o agronegócio e consequentemente a monocultura, ou, pela falta de políticas públicas que consigam incluir esses agricultores na realidade agrária do país mantendo as formas tradicionais de produção.

No Rio Grande do Norte, o que podia ser verificado até 2019 eram iniciativas individuais e de pequenos grupos de agricultores familiares que através dos Bancos Comunitários de Sementes (BCS's), armazenam e conservam sementes de diferentes variedades de uma safra para outra. No entanto, para o ano safra 2019/2020 o por meio de uma política pública vêm se propondo a implementar um programa de aquisição e distribuição de sementes

crioulas para a agricultura familiar do Estado através dos bancos de sementes crioulas, utilizando os materiais já propagados pelos próprios agricultores familiares, enfatizando assim a necessidade de conhecer a qualidade fisiológica das sementes crioulas utilizadas pelos agricultores.

Conforme Lima e Santos (2018) os BCS's funcionam como centros coletivos de reservas de sementes crioulas, que asseguram a proteção de variedades de diferentes espécies, autonomia camponesa e a segurança alimentar, que são igualmente relevantes na salvaguarda de múltiplas sementes, integrando a agrobiodiversidade do Semiárido. Silva (2018) concluiu em estudo realizado em alguns BCS's na Paraíba-PB que a opção por esse tipo de sistema torna o agricultor autônomo, pois não precisa depender de terceiros para adquirir sementes para o plantio, já que muitos acabavam prejudicados.

A Lei 10.711/03 estabelece o Sistema Nacional de Sementes e Mudas e visa garantir a identidade e a qualidade do material de multiplicação e de reprodução vegetal produzido, comercializado e utilizado em todo o território nacional, e reconhece oficialmente as sementes crioulas, no entanto por se tratar de semente para uso próprio a lei não regulamenta o controle da qualidade fisiológica destas sementes (CAMPOS, 2006).

2.3 Qualidade das sementes

O êxito de qualquer plantio depende, em grande parte, do uso de sementes que tenham alta qualidade. Na cultura do milho, o uso dessas sementes resulta em alto vigor no campo, estandes uniformes e, portanto, maiores taxas de produtividade. Essas sementes, que apresentam elevado vigor, caracterizam-se por processos metabólicos mais ágeis, proporcionando uma emissão de raiz primária mais rápida, com maior taxa de crescimento e uniformidade durante o processo de germinação, produzindo plântulas de tamanho inicial maior e, deste modo, maior crescimento e rendimento de grãos (MIELEZRSKI et al., 2008; MUNIZZI et al., 2010).

Para que haja produção de sementes de elevada qualidade, é necessário optar pela adoção de um eficiente programa de controle de qualidade. Portanto, avaliações rápidas que permitam a obtenção de informações acerca da qualidade fisiológica das sementes são essenciais para que possam ser tomadas as melhores decisões durante as diversas etapas da produção (SCHEEREN et al., 2010).

A qualidade das sementes ou vigor pode ser conceituada como um conjunto de características que determinam seu valor para semeadura, indicando que o potencial de desempenho das sementes somente pode ser identificado, de maneira consistente, quando é considerada a interação de atributos de natureza genética, física, fisiológica e sanitária. O

potencial de desempenho deve considerar a capacidade das sementes originarem plântulas normais, a velocidade e a uniformidade de emergência e de crescimento de plântulas em campo, potencial de armazenamento e conservação do potencial durante o transporte (MARCOS-FILHO, 2015).

As sementes atingem o máximo de qualidade no ponto de maturidade fisiológica, quando cessa a transferência de matéria seca, a partir desse momento também começa a deterioração da semente no campo, sendo acelerada principalmente quando as condições ambientais são desfavoráveis para manutenção da qualidade da semente em campo. Além disso, o manejo durante a colheita, secagem, embalagem e condições inadequadas de armazenamento podem afetar diretamente a qualidade das sementes (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

Rotineiramente, a qualidade fisiológica da semente é avaliada pelo teste de germinação que, conduzido sob condições controladas, fornece o potencial máximo de germinação, estabelecendo o limite para o desempenho do lote após a sua semeadura (Brasil, 2009). Entretanto, em razão de suas limitações, principalmente quanto à menor sensibilidade para a diferenciação da qualidade e à frequente discrepância dos resultados com a emergência das plântulas em campo, são necessários também a aplicação de testes de vigor (AMARO et al., 2015).

Portanto, uma semente de alta qualidade deve possuir elevada capacidade germinativa e ser vigorosa, com isso poderá haver homogeneidade de população, elevado vigor das plantas e, conseqüentemente, maior qualidade e produtividade (LACERDA, 2007). Neste sentido, é fundamental avaliar a qualidade de sementes crioulas oriundas de bancos de sementes de comunidades rurais, pois contribuirá para seleção e armazenamento de sementes com qualidade superior, bem como melhorar sua utilização e comercialização pelos agricultores, e conseqüentemente elevando a produtividade e a renda das famílias (SILVA et al., 2016).

2.4 Testes para avaliação da qualidade das sementes

Os testes de vigor são utilizados com várias finalidades, mas a razão fundamental é a determinação do potencial fisiológico de um lote de sementes. Esses testes são fundamentais para avaliar o grau de deterioração dos lotes, ranquear de lotes com germinação semelhante, avaliação do potencial de armazenamento, avaliar os efeitos de injúrias mecânicas, térmicas e efeitos fungicidas, dentre outros. Atualmente, os testes para avaliação do vigor têm constituído ferramentas de uso praticamente rotineiro nos programas internos de produção de sementes de grandes culturas e hortaliças, para garantia da qualidade das sementes destinadas a comercialização. Os testes de vigor são classificados em: físicos, fisiológicos, bioquímicos,

testes de resistência e testes baseados no desempenho ou características de plântulas (MARCOS-FILHO, 2015).

A utilização de testes que viabilizam a classificação dos lotes em diferentes níveis de vigor representa um auxílio muito importante às empresas produtoras de sementes para a tomada de decisões quanto à comercialização dos lotes, direcionando-os para locais em que poderiam apresentar maior potencial de desempenho (AMARO et al., 2015).

2.4.1 Testes físicos

A qualidade física diz respeito a caracteres visíveis ou externos, que podem interferir na qualidade interna das sementes, como por exemplo a pureza física, tamanho, peso de mil sementes, entre outros (SANTOS; BALDONI, 2018). Assim como os fatores ambientais, como temperatura e umidade, podem alterar as propriedades físicas das sementes (tamanho e massa), além da qualidade fisiológica e sanitária (ALBRECHT et al., 2008). Alguns testes são mais utilizados para avaliação da qualidade física das sementes, destacando-se o peso de mil sementes, pureza física e grau de umidade.

O peso de mil sementes é uma característica utilizada para calcular o número de sementes de um lote, como também é um indicativo de qualidade e morfologia interna das sementes. Sementes mal formadas e semivazias apresentam baixo peso, comparativamente, com um lote formado de sementes totalmente desenvolvida (CARVALHO; CALVI; FERRAZ, 2018).

Catão et al. (2010) verificaram elevada variação no peso de 1000 sementes entre 17 cultivares crioulas de milho, e atrelaram o resultado as diferenças entre os materiais. Apesar de alguns trabalhos não correlacionarem o tamanho das sementes com o vigor (TROGELLO et al., 2013); sabe-se que o tamanho da semente de milho é importante para a comercialização e principalmente para a semeadura mecanizada (CARNEIRO; GUEDES; AMARAL, 2001).

O grau de umidade se constitui em outra avaliação importante que influencia na tomada de decisão sobre colheita, secagem, armazenamento, escolha de embalagens, entre outros. Valores acima de 13% deixam as sementes mais susceptíveis a danos mecânicos, lesões e danos à epiderme, interferindo no metabolismo das sementes, deixando-as com características visuais depreciadas, interferindo na aceitação do produto (SANTOS; BALDONI, 2018).

Além do grau de umidade, a determinação da pureza física é uma avaliação de grande relevância, pois determina a porcentagem de possíveis contaminantes formados por sementes de plantas daninhas, outras espécies e material inerte de acordo com a legislação de sementes e mudas (BRASIL, 2003), cada espécie possui um valor mínimo aceito de pureza física, para as sementes possam ser comercializadas.

2.4.2 Testes fisiológicos baseados no desempenho ou características das plântulas

Os principais testes fisiológicos são: primeira contagem, classificação do vigor das plântulas, velocidade de germinação, emergência de plântulas, crescimento de plântulas e transferência de matéria seca.

O teste de primeira contagem é conduzido juntamente com o teste de germinação se baseia no princípio de que os lotes que apresentam maior porcentagem de plântulas normais, na primeira contagem da germinação, estabelecida pelas Regras para Análise de Sementes (RAS), são as mais vigorosas, ou seja, indiretamente está se realizando uma avaliação da velocidade de germinação. O crescimento da plântula pode ser determinado através do comprimento da plântula ou parte desta, através de mensurações com auxílio de uma régua. A classificação do vigor de plântulas é feita com base na classificação das plântulas normais em forte e fraca, e os lotes que apresentam maiores percentuais de plântulas normais fortes são os mais vigorosos (TILLMANN; TUNES; ALMEIDA, 2019).

2.4.3 Testes de resistência a estresse

Determinam o desempenho das sementes quando expostas a condições abióticas desfavoráveis, destacando-se o teste de envelhecimento acelerado, teste de frio e a deterioração controlada das sementes.

O teste de envelhecimento acelerado avalia o grau de tolerância de sementes expostas a condições adversas de temperatura (entre 40 °C e 45 °C) e umidade relativa do ar (próxima de 100%), aumentando a intensidade e a taxa de deterioração. Após o período de envelhecimento, observa-se a resposta das sementes através do teste de germinação, no qual sementes mais vigorosas são menos afetadas em sua capacidade de produzir plântulas normais e as sementes de menor qualidade deterioram-se mais rapidamente (MARCOS-FILHO, 2015).

O teste de envelhecimento acelerado foi eficiente na classificação de lotes de milho e soja (DUTRA; VIEIRA, 2004), milho (VIEIRA et al., 2005), trigo (OHLSON et al., 2010), sorgo (VASQUEZ; BERTOLIN; SPEGIORIN, 2011), arroz (COSTA; NOVEMBRE, 2019) e milho pipoca (KAVAN et al., 2019).

2.4.4 Testes bioquímicos baseados na integridade das membranas

Os testes bioquímicos avaliam alterações bioquímicas associadas ao vigor das sementes. Os principais testes bioquímicos relacionados a integridade das membranas são: condutividade elétrica e lixiviação de potássio.

O teste de condutividade elétrica é considerado eficiente e rápido na determinação da qualidade fisiológica das sementes (TORRES et al., 2015), cujo aumento na quantidade de lixiviados na água de embebição (LIMA et al., 2015) é proporcional ao nível de deterioração das sementes (AZEREDO; PAULA; VALERI, 2016). Assim, o vigor das sementes está diretamente relacionado com a integridade das membranas celulares (SILVA et al., 2014a).

O teste de condutividade elétrica foi eficiente na classificação de lotes de sorgo (VASQUEZ; BERTOLIN; SPEGIORIN, 2011; MARQUES; DUTRA, 2018), feijão (BATISTA et al. 2012; SILVA et al., 2014a; MOURA et al., 2017), feijão miúdo (XAVIER et al., 2017), arroz (COSTA; NOVEMBRE, 2019), milho pipoca (KAVAN et al., 2019), soja (CATÃO; CAIXETA, 2019), trigo (FIALHO et al., 2019).

O teste de lixiviação de potássio tem princípio semelhante ao de condutividade elétrica, baseando-se na integridade das membranas celulares das sementes, com a diferença de que no de condutividade elétrica, determina-se a quantidade total de íons liberados durante a embebição e, no de lixiviação de potássio, quantifica-se somente o potássio lixiviado na solução, visto que este é o principal íon inorgânico lixiviado pelas sementes durante a embebição (KIKUTI et al., 2008).

O teste de lixiviação de potássio tem sido utilizado para avaliar o potencial fisiológico de diferentes espécies em lotes de sementes de milho (MIGUEL; MARCOS-FILHO, 2002; ALVES et al., 2004), trigo (FAVARATO et al., 2011), arroz (BARBIERI et al., 2012), milho doce (ZUCARELI et al., 2013), milho pipoca (CATÃO et al., 2019).

2.4.5 Análise de Imagens de plântulas

O refinamento dos testes de vigor e a possibilidade de otimizar recursos computacionais para a avaliação efetiva do potencial fisiológico das sementes atraiu considerável interesse de técnicos da área de sementes (CASTAN; GOMES-JUNIOR; MARCOS-FILHO, 2018). Conforme Marcos-Filho (2010) deve-se considerar, sempre, a possibilidade de inclusão de alternativas inovadoras, favorecendo a padronização, precisão, objetividade e redução do período necessário para realização dos testes. Diante disto, a análise computadorizada de imagens de plântulas constitui uma dessas alternativas, favorecendo tanto a redução do período necessário para a condução do teste em comparação aos outros procedimentos, como a consistência das informações obtidas (ALVARENGA et al., 2012).

Segundo Baalbaki et al. (2009) uma das primeiras tentativas de utilização da análise de imagens para determinação do vigor de sementes foi realizada por McCORMAC; KEFFE; DRAPER, (1990), em cenoura e alface, e por Howarth e Stanwood (1993), em alface e sorgo. Posterior a isso, o uso de análises computadorizadas em imagens digitais de plântulas para determinação do vigor de sementes, tem sido alvo de vários estudos com diversas espécies, como

o amendoim (BARBOSA et al., 2016), milho (MEDEIROS; PEREIRA; SILVA, 2018; CASTAN; et al., 2018; DIAS et al., 2015), soja (MEDEIROS; PEREIRA, 2018), arroz (BRUNES et al., 2019), feijão (MEDEIROS, et al., 2019; GOMES-JUNIOR; CHAMA; CÍCERO, 2014), trigo (ADELEKE et al., 2019), entre outros.

De acordo com Carvalho (2010), a rapidez na detecção de imagens digitais e no processamento de dados informatizados e a crescente diminuição dos custos tem tornado os sistemas de análise de imagens mais atraentes na avaliação automática de diferentes aspectos da qualidade e classificação de sementes e plântulas, pois o uso dessas técnicas de processamento de imagens digitais propiciam uma maior sensibilidade da análise, inerente ao processamento computacional, permitindo a identificação de características que seriam difíceis de serem observadas.

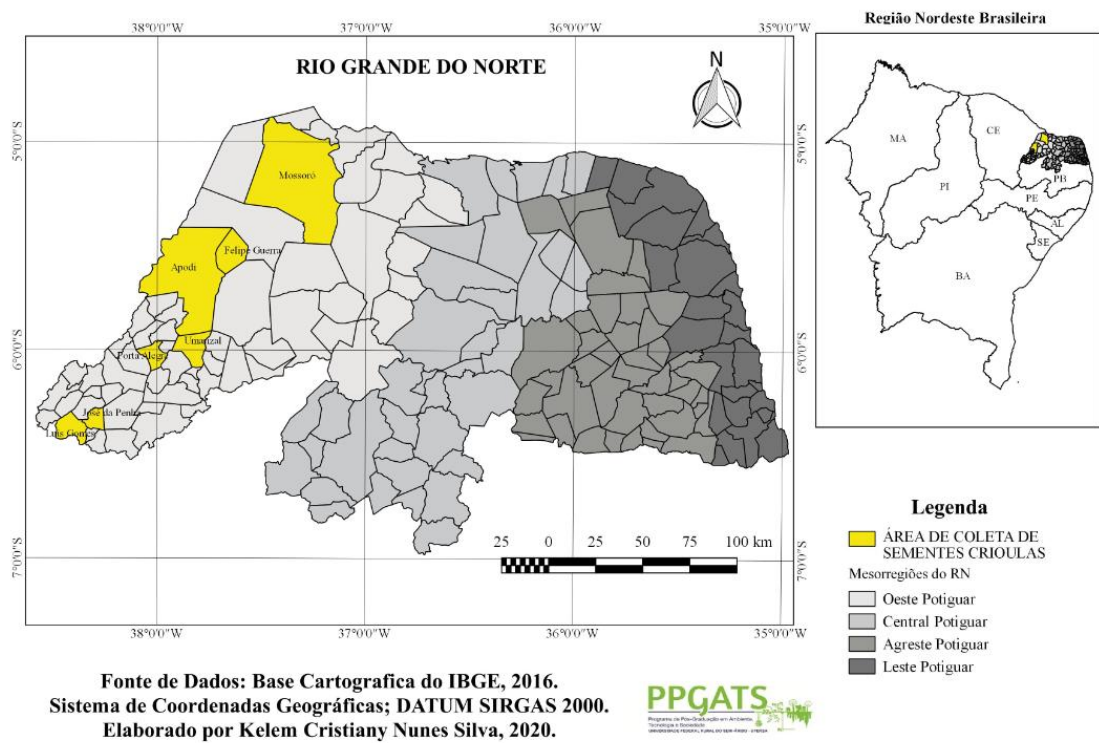
Conforme Medeiros; Pereira; Silva (2018) dentre os software gratuitos, de fácil acesso e baixo custo utilizados para análise computadorizada de alto desempenho, está o Sistema de Análise de Plântulas (SAPL), desenvolvido pelo Grupo de Estudos em Tecnologia de Sementes (GETSem) da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). O SAPL consiste em um sistema automatizado e fundamenta-se na avaliação do vigor de sementes a partir do desempenho de plântulas, para tanto, trabalha-se com imagens obtidas através de câmeras digitais e fornece dados do comprimento do hipocótilo, raiz primária e total, além de informar os índices de vigor, crescimento e uniformidade da plântula. Este programa fornece dados confiáveis, quando comparados a testes tradicionais de vigor e pode ser considerada uma abordagem eficiente e de economia de tempo para a cultura do milho.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Aquisição das sementes

Foram adquiridos 24 lotes de sementes crioulas no período de outubro a dezembro de 2018, oriundas de 16 agricultores familiares com banco de sementes individual e 3 agricultores com bancos de sementes coletivos localizados em 11 comunidades de rurais do Oeste Potiguar, nos municípios de Luís Gomes, Mossoró, Porta Alegre, José da Penha, Felipe Guerra, Apodi e Umarizal (Figura 1).

Figura 1. Mapa de localização da coleta de sementes crioulas utilizadas no experimento.



Também adquirida uma variedade de milho comercial distribuída pelo programa de banco de sementes do Governo do Estado do Rio Grande do Norte, totalizando 25 lotes de sementes, sendo cada lote representado com amostras de 2 kg. As sementes foram acondicionadas em garrafas plásticas tipo pet e permaneceram em ambiente controlado (17 °C ± 45% U.R) no Laboratório de Análise de Sementes da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, até a realização dos experimentos.

Nas visitas foram coletadas informações sobre a identificação do agricultor, área plantada, forma de armazenamento das sementes, produção, coordenadas geográficas e denominação da semente crioula utilizada.

Figura 2. Ficha de coleta e identificação dos lotes de sementes crioulas de milho coletadas em diferentes regiões.

SEMENTES CRIOULAS DE MILHO - SAFRA 2018					
LOTE 01	Agricultor (a) :				
	Localidade	Município	Cultivar		
Coordenada UTM da área coletada					
Fuso	Meridiano Central	Este	Norte	Altitude	
24 M	39° W				
Forma de armazenamento semente		Área Plantada 2018		Produção 2018	
		Unidade	Quantidade	Unidade	Quantidade
		HECTARE		SACO 60KG	

Fonte: Elaborada pela autora

Primeiramente, as sementes foram submetidas às avaliações da qualidade física e fisiológica nos Laboratórios de Análise de Sementes (LAS), Laboratório de Nutrição Vegetal e em casa de vegetação do Departamento de Ciências Agronômicas e Florestais da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), em Mossoró, Rio Grande do Norte, no período de outubro de 2018 a agosto de 2019. Posteriormente foram realizados testes para análise de imagem no Laboratório de Análise de Sementes da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, Minas Gerais.

2.2 Análises físicas e sanitária

2.2.1 Grau de umidade

Realizado pelo método da estufa a $105 \pm 3^\circ\text{C}$ durante 24 horas (BRASIL, 2009) com duas repetições de 25 sementes.

2.2.2 Pureza física

Realizada de acordo com as recomendações das Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), cuja amostra de trabalho foi analisada e fracionada em sementes puras, outras sementes e material inerte. Os resultados obtidos foram expressos em porcentagem de sementes puras.

2.2.3 Determinação de outras sementes

Realizada por identificação e contagem das sementes de outras espécies presentes na amostra de trabalho, sendo os resultados expressos em número de sementes (BRASIL, 2009).

2.2.4 Peso de mil sementes

Realizado com oito repetições de 100 sementes para cada lote provenientes da porção sementes puras, conforme recomendação das Regras para Análise de Semente (BRASIL, 2009).

2.2.5 Exame de sementes infestadas por insetos

Realizado em quatro subamostras de 50 sementes puras. As sementes foram observadas individualmente com auxílio de uma lupa para constatação de pequenos furos de entrada de insetos. Para constatação de ovos, lavas, lagartas, e insetos, bem como orifícios de saída destes,

as sementes foram colocadas em 80 ml de água destilada por 24h e com o auxílio de estiletes, pinça e lupa foi realizado um corte transversal e analisadas individualmente. O resultado foi expresso em porcentagem de sementes infestadas, conforme recomendações das regras de análise de sementes (BRASIL, 2009a).

2.3 Análises fisiológicas

2.3.1 Germinação

Realizado com oito repetições de 25 sementes, semeadas sobre duas folhas de papel do tipo “germitest” e cobertas com uma terceira folha, previamente umedecidas com água destilada na quantidade equivalente a 2,5 vezes o peso do papel seco e mantidos a 30°C em câmara tipo B.O.D (*Biochemical Oxygen Demand*). Foi computada a porcentagem de plântulas normais aos sete dias após a semeadura e os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais (BRASIL 2009).

2.3.2 Primeira contagem do teste de germinação

Conduzida em conjunto com o teste de germinação, cuja contagem das plântulas normais foi realizada no quarto dia após a semeadura (BRASIL, 2009) e os resultados expressos em porcentagem.

2.3.3 Comprimento da parte aérea e raiz

Realizado ao final do teste de germinação, cujas plântulas normais foram mensuradas com o auxílio de uma régua graduada em milímetros, considerando o comprimento da parte aérea desde a inserção do colo até o ápice da plântula e para raiz, desde a inserção do colo até a extremidade da raiz principal, ambos os resultados expressos em cm. plântula⁻¹. As plântulas foram fracionadas em parte aérea e raiz, em seguida foram acondicionadas em sacos de papel e mantidas estufa com circulação de ar forçada a 65°C, durante 36h. A pesagem do material seco foi realizado em balança com precisão de 0,001 g e os resultados expressos em mg.plântula⁻¹ (BRASIL, 2009).

2.3.4 Emergência de plântulas

Realizado em casa de vegetação com quatro repetições de 50 sementes, semeadas em substrato areia, acondicionada em bandejas de polipropileno de 128 células. O substrato foi

umedecido com água destilada na capacidade de 60%. A avaliação foi realizada aos sete dias após a semeadura.

2.3.5 Índice de velocidade de emergência (IVE)

Conduzido concomitantemente com o teste de emergência em casa de vegetação, sendo realizadas contagens diárias, a partir do surgimento do coleóptilo na superfície do substrato.

2.3.6 Envelhecimento acelerado

As sementes foram distribuídas em tela suspensa no interior de caixa plástica (11 x 11 x 3,5 cm), contendo 40 ml de água destilada na parte inferior da caixa. Estas foram mantidas em câmara de germinação do tipo B.O.D., regulada a 45 °C, durante 72 horas (DUTRA;VIEIRA, 2004). Após esse período as sementes foram submetidas ao teste de germinação, conforme metodologia anterior e a contagem de plântulas normais foi realizada no quarto dia. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

2.3.7 Condutividade elétrica

Foram realizados testes preliminares para determinação da metodologia mais adequada quanto ao volume de água e o tempo de embebição das sementes. A partir de tais resultados, optou-se por utilizar quatro subamostras de 50 sementes fisicamente puras, as quais foram pesadas em balança semi analítica (0,001 g) e colocadas em copos plásticos (300 ml) na câmara incubadora tipo *Biochemical Oxygen Demand* (B.O.D.) a 25 °C por períodos de 6 horas de embebição. Após esse período, foram feitas as leituras da condutividade elétrica através de condutivímetro digital de bancada e os resultados expressos em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$.

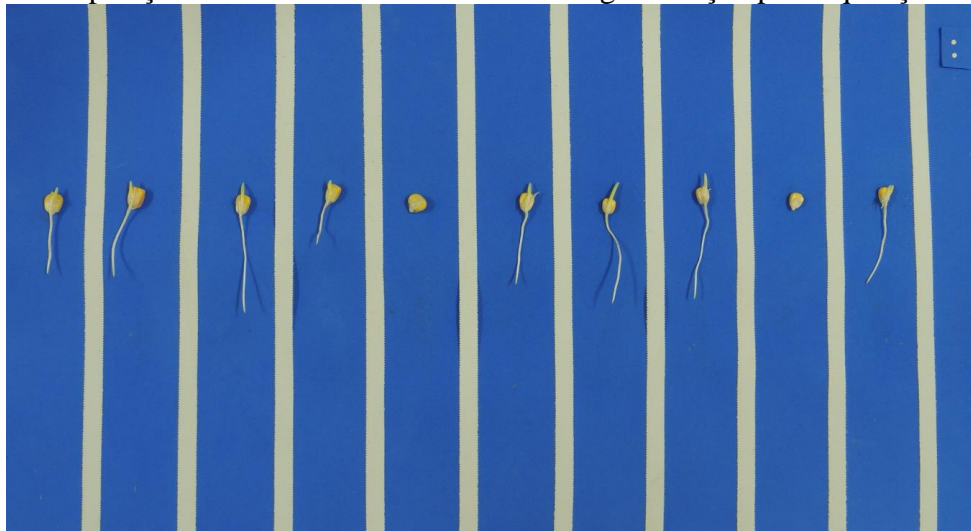
2.3.8 Lixiviação de potássio

Foram realizados testes preliminares para determinação da metodologia mais adequada quanto ao volume de água e o tempo de embebição das sementes. A partir de tais resultados, optou-se por utilizar quatro subamostras de 50 sementes fisicamente puras, as quais foram pesadas em balança semi-analítica (0,001 g) e colocadas em copos plásticos (300 ml) na câmara incubadora. Após esse período, foram feitas as leituras da lixiviação dos íons de potássio através de espectrofotômetro de chama e os resultados expressos em $\mu\text{g/g}^{-1}$ semente.

2.4. Análise de imagens de plântulas

O teste de germinação foi realizado sobre papel “germitest” umedecido com água destilada na proporção equivalente a 2,5 vezes a massa do papel e mantidas em germinador com temperatura constante de 25 °C (BRASIL, 2009). No terceiro dia do teste de germinação, as plântulas foram transferidas do papel de germinação para uma base fotográfica, feita de folha de espuma vinílica acetinada (E.V.A) de coloração azul com dimensão 40x60 cm, contendo onze células de cinco centímetros de largura, divididas por faixas brancas, onde o último espaçamento é destinado à métrica de 1cm e, em seguida fotografadas (Figura 3). A aquisição de imagens realizou-se por meio de fotografias, utilizando-se uma câmera digital Nikon, modelo Coolpix P510, configurada em 16 Megapixels. A câmera foi mantida a uma altura de 40 cm e angulação de 90° em relação a base fotográfica, para isso foi utilizado um suporte do tipo copystand. A intensidade luminosa incidente sobre a base fotográfica foi de 260 lux.

Figura 3. Disposição das sementes ao terceiro dia de germinação para aquisição das imagens.

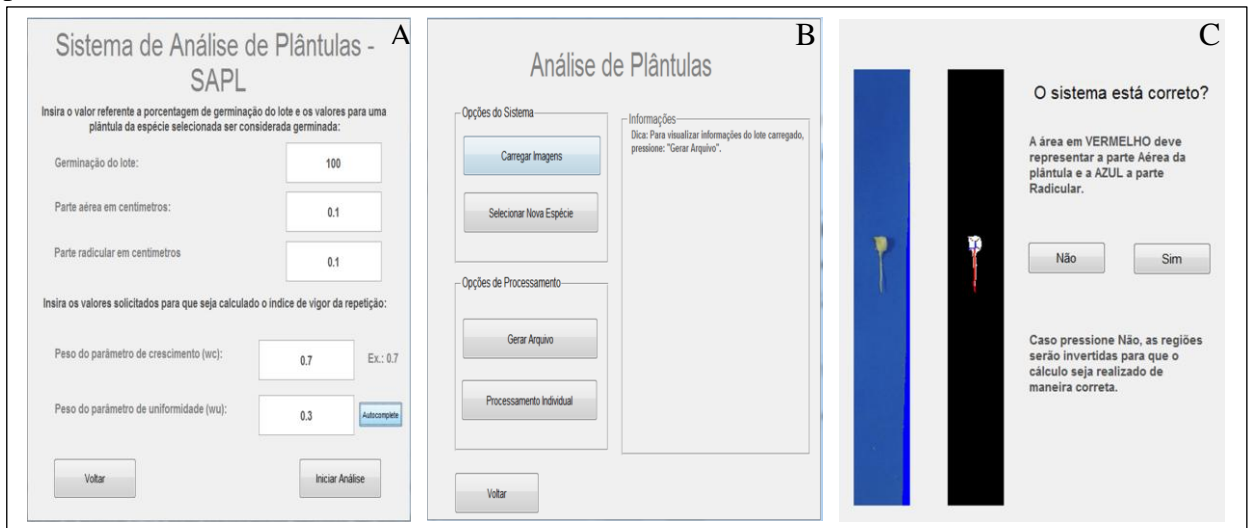


Fonte: Autora (2020)

As imagens em seguida foram armazenadas e posteriormente inseridas no arquivo default selecionado do software SAPL® instalado em computador Sony Waio, Windows 10 Professional. Na sequência, foi realizado o carregamento e processamento das imagens das plântulas por repetição e lote. O software forneceu medições do comprimento da raiz primária, coleóptilo, plântula inteira. Os valores de comprimento de plântulas obtidos pelo SAPL® também foram inseridos no pacote SeedCalc do software R (SILVA; MEDEIROS; OLIVEIRA, 2019) para gerar índices de crescimento (Sako et al., 2001), uniformidade (CASTAN; GOMES-JUNIOR; MARCOS-FILHO, 2018), vigor (SAKO et al., 2001) e vigor corrigido (MEDEIROS; PEREIRA, 2018).

Com relação à captura de imagens o tipo de parâmetro para o reconhecimento das plântulas com três dias foi determinado um tamanho mínimo de 0,1cm para a parte aérea e parte radicular. As plântulas analisadas pelo software no presente trabalho foram realizadas através do processamento individual, com correção das partes de plântula e sistema radicular (Figura 4).

Figura 4. Configuração de análise de imagens de plântulas de milho pelo software SAPL - Sistema de Análise de Plântulas (A), Carregamento de imagens (B) e Correção individual da parte aérea e sistema radicular.



Fonte: Autora (2020)

2.5 Delineamento e Análise Estatística

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado (DIC), com quatro repetições de 50 sementes. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott – Knott em nível de 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011). Além disso, simples foi realizada análise de correlação de Pearson entre os testes tradicionais e os índices gerados pelo SAPL.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análises físicas e sanitária

Com relação à caracterização física das sementes, a análise de variância pelo teste F indicou diferenças significativas ($P < 0,01$) entre as lotes para o peso de mil sementes, pureza física e exame de sementes infestadas (Tabela 5).

Tabela 5. Valores médios referentes ao peso de mil sementes (PMS), grau de umidade (GU), pureza física (%) e exame de sementes infestadas (ESI) de 24 lotes de sementes de milho crioulo e um lote comercial.

Lotes	PMS (g)	GU (%)	PF (%)	ESI (%)
A1	322,6 o	12,9 a	98,1i	5 d
A2	325,1 l	9,8 a	99,9 b	7,5 c
A3	334,1 h	9,8 a	99,4 f	14 b
A4	415,2 b	8,8 a	100 a	1 d
A5	336,6 g	9,7 a	100 a	0,5 d
A6	276,7 u	9,5 a	100 a	0,5 d
A7	317,9 p	10,6 a	99,3 g	9,5 c
A8	442,0 a	9,5 a	99,9 b	0 d
A9	346,0 e	9,3 a	99,5 e	1,5 d
A10	340,0 f	9,3 a	96,9 k	9,5 c
A11	259,0 x	9,2 a	99,8 d	45 a
A12	242,3 y	8,7 a	99,8 c	6 c
A13	328,1 j	9,2 a	99,9 b	3,5
A14	260,5 w	9,1 a	99,9 b	3,5 b
A15	412,5 c	11,4 a	99,9 b	16 b
A16	312,2 q	11,0 a	98,9 h	3 d
A17	300,3 r	9,4 a	99,9 b	0 d
A18	322,9 m	10,9 a	97,2 j	8,5 c
A19	326,9 k	9,3 a	100 a	3 d
A20	346,4 d	8,4 a	100 a	1,5 d
A21	291,7 t	8,1 a	100 a	4 d
A22	322,8 n	8,1 a	100 a	1,5 d
A23	274,0 v	9,7 a	100 a	7 c
A24	331,5 i	9,4 a	100 a	0 d
A25*	292,1 s	11,8 a	99,9 b	0,5 d
CV (%)	0,0	12,07	0,01	33,5

*Lote comercial

** Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade

A análise possibilitou identificar uma grande variação no peso de mil sementes dos lotes, oscilando de 442,0 a 242,3 gramas para os lotes A8 e A12, respectivamente. Já o lote comercial apresentou média de 292,1 gramas. Comparando os lotes de sementes crioulas com o lote comercial, verificou-se que 68% dos lotes crioulas apresentaram resultados estatisticamente superiores o lote comercial. O peso de mil sementes é uma medida utilizada para diferentes finalidades, dentre elas a comparação da qualidade de lotes de sementes em diversas espécies (AMARO et al., 2015).

Essa diferença encontrada no peso de mil sementes ocorre devido à variabilidade do material, além do processo de seleção das melhores espigas para sementes, que é totalmente empírico. Os agricultores não seguem uma metodologia, embora exista uma orientação técnica agrônômica que indica selecionar a parte central das espigas e descartar as extremidades.

Resultados semelhantes foram obtidos por Catão et al., (2010) ao determinar o peso de mil de sementes de milho crioulo produzidas no Norte de Minas Gerais, verificaram grande variação entre 17 lotes analisados por Silva et al. (2019) ao analisar sementes salvas de feijão no semiárido potiguar.

De acordo com Batistella-Filho; Moro; Carvalho, (2002) na região da base da espiga de milho, formam-se sementes mais pesadas, seguidas pelas da porção central e da apical, resultando em sementes de diferentes pesos. Já a espessura da semente está relacionada com a pressão exercida por uma cariopse contra as outras durante o enchimento dos grãos, levando à formação de sementes achatadas no terço médio da espiga e de sementes arredondadas na base e no ápice, locais onde a pressão entre cariopses é menor (SHIEH; MCDONALD, 1982).

Para Vazquez, et al. (2012) as alterações no tamanho de sementes de milho interferem apenas no desenvolvimento inicial das plantas. Segundo Pádua et al. (2010), sementes de maior tamanho apresentam correlações positivas com taxas de crescimento inicial de plântulas, onde favorecem a um rápido crescimento de raiz e parte aérea, possibilitando melhor aproveitamento das reservas nutricionais e hídricas do solo, assim como maior potencial de produtividade.

No que se refere ao grau de umidade, não houve diferença estatística entre as médias (Tabela 5), e todas os lotes apresentaram médias inferiores a 14,0%, estando dentro do limite exigido para comercialização de sementes de milho, de acordo com a Instrução Normativa nº 60 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2011). As variações no grau de umidade ocorrem devido às sementes terem sido coletadas de diferentes localidades e receberem manejos e armazenamentos próprios de cada agricultor, embora depois de coletados tenham tido o mesmo condicionamento.

A maioria dos lotes apresentaram elevados valores de pureza física das sementes, estando dentro do valor mínimo exigido para comercialização, que é de 98%. Apenas os lotes 10 e 18 obtiveram médias inferiores ao exigido pela legislação vigente (BRASIL, 2013) (Tabela 5). Na mostra 18 também foi encontrado um maior número de outras sementes, especificamente sementes de sorgo, o que caracteriza que a debulha foi realizada em máquina de debulha de cereais e não passou por limpeza previa ao passar do sorgo para o milho. O processo de limpeza normalmente realizado nas sementes comerciais não ocorre nas sementes crioulas, nestas quando debulhado na mão ou na máquina, os agricultores somente ventilam manualmente antes de armazenar, o que não garante a limpeza das sementes.

Para o exame de sementes infestadas, os valores variaram entre 0% a 45%, para os lotes 8 e 11, respectivamente (Tabela 5). Também observou-se que 48% dos lotes estão dentro do

limite exigido pela legislação vigente, cujo valor máximo permitido de sementes infestadas, é de apenas 3% (BRASIL, 2009). O lote que apresentou maior porcentagem de sementes infestadas (lote 11), foi coletada de um agricultor com formas de armazenamento precárias e impróprias para sementes, somente após ser coletado foi armazenada devidamente, mas a infestação já havia se iniciado.

Em todas as visitas para coleta das sementes foi verificado que os agricultores que utilizam essas sementes, praticam agricultura de sequeiro e detém pouca ou nenhuma tecnologia a ser aplicada em campo, o resultado da lavoura se dar pela relação do tipo de solo da região, qualidade da semente e precipitação pluviométrica. Nas unidades agrícolas visitadas o hábito de guardar a semente de um ano para o outro é uma tradição, e segundo relatos dos próprios agricultores nenhuma das sementes coletadas nunca passaram por uma avaliação da qualidade física, fisiológica, sanitária ou genética, a avaliação é visual e realizada pelos próprios agricultores ao plantar.

Estes resultados evidenciam que são necessárias adoções de técnicas e metodologias especificadas para a uniformização dos procedimentos de seleção das sementes, visando o aumento da qualidade. Embora o que se pode perceber também é que devido a grande diversidade dos lotes de sementes crioulas oriundas da agricultura familiar os testes de qualidade física são pouco significativos para determinar a qualidade se não associados aos testes de qualidade fisiológica.

3.2 Análises fisiológicas

Com relação a qualidade fisiológica, a análise de variância pelo teste F indicou diferenças significativas ($P < 0,01$) entre os lotes para a primeira contagem, germinação, envelhecimento acelerado, lixiviação de potássio e condutividade elétrica, emergência, índice de velocidade de emergência, comprimento da parte aérea e da raiz, massa seca da parte aérea e da raiz.

Na primeira contagem observou-se que apenas 12% dos lotes apresentaram valores abaixo de 80%, ou seja, grande parte dos lotes já havia alcançado o mínimo de germinação exigido ao final do teste, cujo valor mínimo é de 85% para sementes de milho (BRASIL, 2013). Para a porcentagem final de germinação, a legislação determina para o milho o valor mínimo de 85%, e observando os resultados obtidos na germinação, apenas as 12% dos lotes ficaram abaixo desse padrão (Tabela 6).

Tabela 6. Valores médios referentes à primeira contagem de germinação (PC), germinação (G), envelhecimento acelerado (EA), grau de umidade após o envelhecimento acelerado (GU/EA), lixiviação de potássio (LP) e condutividade elétrica (CE) de 24 lotes de sementes de milho crioulo e um lote comercial.

Lotes	PC (%)	G (%)	EA (%)	GU/EA (%)	LP(ppm)	CE ($\mu\text{S.cm.g}^{-1}$)
A1	96 a**	90 b	53 c	28,4 a	77,9 c	9,04 b
A2	92 a	93 b	76 a	20,0 a	65,3 b	7,14 a
A3	98 a	92 b	76 a	28,8 a	65,4 b	6,43 a
A4	99 a	98 a	87 a	25,4 a	45,1 a	4,85 a
A5	100 a	99 a	84 a	27,8 a	47,5 a	6,92 a
A6	99 a	97 a	72 a	24,2 a	49,4 a	9,19 b
A7	99 a	96 a	66 b	26,9 a	46,4 a	5,38 a
A8	99 a	98 a	79 a	24,8 a	46,4 a	5,38 a
A9	99 a	99 a	63 b	25,9 a	67,8 b	6,51 a
A10	99 a	95 a	82 a	27,2 a	74,9 c	10,02 b
A11	72 c	68 c	29 d	21,9 a	118,4 e	29,5 e
A12	100 a	99 a	78 a	26,5 a	99,3 d	9,92 b
A13	99 a	98 a	80 a	27,4 a	81,6 c	7,87 a
A14	99 a	97 a	76 a	29,1 a	91,0 c	8,51 b
A15	90 b	90 b	57 c	27,1 a	44,9 a	6,38 a
A16	0 d	1 d	0 f	22,8 a	83,6 c	12,7 c
A17	96 a	97 a	92 a	25,6 a	55,9 a	6,24 a
A18	0 d	1 d	0 f	45,0 a	81,4 c	14,4 d
A19	99 a	99 a	89 a	25,9 a	69,3 b	6,06 a
A20	99 a	99 a	79 a	20,9 a	97,1 d	7,27 a
A21	99 a	99 a	86 a	24,5 a	49,6 a	5,48 a
A22	99 a	99 a	93 a	20,8 a	52,5 a	6,22 a
A23	92 b	92 b	86 a	27,2 a	70,1 b	9,49 b
A24	99 a	99 a	78 a	24,3 a	51,6 a	6,52 a
A25*	87 b	87 b	16 e	25,8 a	88,9 c	10,31 b
CV (%)	4,03	5,21	11,20	8,78	17,48	12,99

* Lote comercial

** Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Das 25 lotes analisadas, 16 apresentaram resultados de germinação e primeira contagem superiores aos demais, o lote 11 que apresentou o maior índice de sementes infestadas se manteve com percentuais intermediários. As demais 9 lotes não diferiam estatisticamente, no entanto, as lotes 16 e 18 não germinaram. Alguns fatores podem acelerar a deterioração das sementes, tais como, exposição a fatores ambientais desfavoráveis no campo, atraso na colheita, secagem prolongada, forma de armazenamento, dentre outros. Neste caso, não se sabe o motivo que ocasionou a redução nos valores da germinação desses lotes, dificultando justificar tais resultados, uma vez que a qualidade física estava dentro dos padrões exigidos.

Os percentuais de germinação encontrados no presente estudo estão em consonância com os encontrados por Queiroz et al. (2019) ao avaliar a qualidade fisiológica de variedades tradicionais de milho no Mato Grosso obteve uma taxa média de germinação de 97%. Catão et al. (2010) analisaram 17 lotes de milho e obtiveram uma germinação superior a 90%. Miranda et al. (2003) caracterizaram populações de milho crioulo da região de Minas Gerais e obteve germinação média de 92%.

De acordo com os dados da tabela 6, verificou-se que o teor de água das sementes após o envelhecimento acelerado variou de 20,0 a 29,2%. Também observou-se que os lotes 4, 5 10, 13, 17, 19, 21, 22 e 23 obtiveram médias de germinação superior a 80%, no entanto, não diferiram dos lotes 2, 3, 6 8, 12, 14, 20 e 24. As sementes do lote comercial (25) obteve drástica redução na germinação após o envelhecimento acelerado, apresentando média de apenas 16%, indicando que este lote estava com o nível de deterioração avançado em relação a maioria dos lotes crioulos, o que não foi possível detectar no teste de germinação, uma vez que, obteve germinação de 87%, devido ser conduzido em condições controladas. De acordo com Marcos Filho (2015), ocorre redução mais rápida do vigor do que a da germinação à medida que as sementes se deterioram. O teste de envelhecimento acelerado foi considerado eficiente na avaliação de milho cv. Sertanejo (SENA, ALVES e MEDEIROS, 2015), no entanto, não foi sensível para estratificar lotes de feijão cv. Madrepérola (AMARO et al., 2015). O uso de parâmetros capazes de detectar diferenças de vigor entre lotes com germinação semelhante é desejável na análise de sementes; além disso, é fundamental que estes sejam coerentes com as avaliações rotineiramente utilizadas, pois apesar de não existirem testes de vigor padronizados para a maioria das espécies cultivadas (SILVA, CÍCERO, 2014), há referências na literatura citando o uso do teste de envelhecimento acelerado para sementes de milho (BITTENCOURT et al., 2012) e milho pipoca (KAVAN et al., 2019).

Os testes de condutividade elétrica e lixiviação de potássio permitiram estratificar os lotes em cinco níveis de vigor (Tabela 6). A condutividade elétrica variou de 4,85 a 29,5 $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$, para os lotes 4 e 11, respectivamente, enquanto o lote comercial obteve média de 10,31 $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$. Com esse teste foi possível classificar os lotes em cinco níveis de vigor. O lote 11 apresentou maior quantidade de liberação de lixiviados para ambos os testes e isto possivelmente devido a maior quantidade de sementes danificadas ou furadas encontradas no exame de sementes infestadas (Tabela 6).

A condutividade elétrica baseia-se no princípio de que, com o progresso da deterioração das sementes, há perda na integridade dos sistemas de membranas da célula, aumentando assim a sua permeabilidade, e conseqüentemente, a lixiviação de eletrólitos (PONCE et al., 2019). Além

disso, proporciona rápida e objetiva medida do vigor da semente e pode ser facilmente conduzido para a maioria das espécies rotineiramente analisadas nos laboratórios, sem necessidade de equipamentos complexos ou treinamento especial de pessoal (TILLMANN; TUNES; ALMEIDA, 2019). Esse teste foi eficiente na avaliação do vigor de sementes de trigo (FIALHO et al., 2019), grão-de-bico (DIAS et al., 2019), soja (CATÃO; CAIXETA, 2019), sorgo granífero (MARQUES; DUTRA, 2018), feijão-caupi (MOURA et al., 2017),

O teste de lixiviação de potássio possui o mesmo princípio do teste de condutividade elétrica, no entanto, geralmente permite a avaliação do vigor das sementes em menor tempo, sendo que o início da imersão é acompanhado pela rápida lixiviação de exsudados, principalmente o íon potássio, que é o cátion que está em maior concentração nas membranas e mais disponível nas células vegetais (TAIZ; ZEIGER, 2009). Alguns autores confirmam a eficiência do uso do teste de lixiviação de potássio para estratificação de lotes de sementes em algumas espécies, tais como milho (CATÃO et al., 2019), trigo (DOURADINHO et al., 2015) milho pipoca (BARBIERI et al., 2012) e arroz (FAVARATO et al., 2011). No entanto, esse teste não foi eficiente na classificação de lotes de feijão-caupi com diferentes tamanhos (NUNES et al., 2017).

Os lotes 4, 5, 8, 17, 21, 22 e 24 diferiram estatisticamente em todos os testes realizados na tabela 2, o lote comercial não apresentou resultados satisfatórios para nenhuma das variáveis analisadas, ficando sempre na categoria intermediária. Com isso foi possível constatar que os testes foram eficientes para ranquear os lotes de sementes de milho crioulo quanto o vigor.

Os lotes 2, 3, 5, 6, 7, 9, 10, 12, 13, 15, 19, 20, 21, 22, 23, 24 apresentaram superioridade estatística em relação às demais para o teste de velocidade de germinação (tabela 7). Existe uma correlação positiva entre o índice de velocidade de emergência e a emergência, então quanto maior for o percentual de emergência maior será o índice de velocidade de emergência. Sena et al. (2015) ao realizar estudos sobre o vigor fisiológico do milho, observaram que quanto maior a germinação, maiores são os valores obtidos no IVG; Queiroz et al. (2019) também apresentou resultados semelhantes na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de lotes tradicionais de milho.

Tabela 7. Valores médios referentes à emergência (E), índice de velocidade de emergência (IVE), comprimento da parte aérea (CPA), comprimento de raiz (CR), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSR) de plântulas oriundas de 24 lotes de sementes de milho crioulo. e uma comercial.

Lotes	E (%)	IVE	CPA (cm)	CR (cm)	MSPA (g)	MSR (g)
A1	73 b	7,90 b	5,26 b	6,18 b	0,595 d	6,18 b
A2	92 a	10,8 a	7,51 a	7,59 a	0,903 b	7,59 b

A3	89 a	10,9 a	7,73 a	6,50 b	0,952 b	6,50 c
A4	79 b	8,97 b	6,01 b	9,17 a	0,774 b	9,17 a
A5	99 a	12,3 a	6,01 b	10,2 a	1,260 a	10,22 a
A6	98 a	12,1 a	9,01 a	6,18 b	0,999 b	6,18 c
A7	96 a	12,6 a	7,85 a	7,85 a	0,882 b	7,85 b
A8	81 b	9,5 b	6,04 b	6,46 b	0,861 b	6,46 c
A9	98 a	12,1 a	8,60 a	9,89 a	1,014 b	9,89 a
A10	90 a	10,8 a	8,01 a	7,67 a	0,903 b	7,67 b
A11	73 b	8,7 b	7,36 a	6,68 b	0,743 b	6,68 c
A12	91 a	11,6 a	7,62 a	6,39 b	0,743 c	6,39 c
A13	92 a	11,3 a	8,01 a	8,10 a	1,028 b	8,10 b
A14	85 b	8,7 b	6,31 b	5,82 b	0,729 c	5,82 c
A15	89 a	10,4 a	8,55 a	8,14 a	1,090 a	8,14 b
A16	0,0 c	0,0 c	0,0c	0,0 c	0,0 e	0,0 d
A17	97 a	9,9 b	5,90 b	5,90 b	0,73 c	5,90 c
A18	5 c	0,38 c	0,34 c	0,37 c	0,032 e	0,0 d
A19	98 a	10,2 a	7,34 a	5,80 b	0,946 b	5,80 c
A20	97 a	10,0 b	5,75 b	5,25 b	0,778 c	5,25 c
A21	96 a	9,66 b	5,93 b	5,37 b	0,678 c	5,37 c
A22	96 a	8,35 b	5,66 b	5,89 b	0,613 d	5,89 c
A23	94 a	11,4 a	6,25 b	4,86 b	0,725 c	4,86 c
A24	99 a	10,3 a	6,79 b	9,14 a	0,753 c	9,14 a
A25*	79 b	7,71 b	5,35 b	4,01 b	0,512 d	4,01 c
CV (%)	8,19	13,9	15,7	22,0	16,69	22,05

* Lote comercial

** Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

O teste de comprimento de parte aérea e comprimento de raiz tem sido usado para auxiliar da determinação do vigor das plantas de milho. No presente estudo os lotes 2, 3, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 15 e 19 apresentaram melhor desempenho fisiológico. Brito et al. (2011), ao avaliar a qualidade fisiológica de sementes de milho crioulo, observaram diferenças significativas no comprimento da parte aérea, entre os lotes estudados. Quanto ao comprimento da raiz (Tabela 3), as sementes dos lotes 2, 4, 5, 7, 9, 10, 13, 15 e a 24 foram as mais vigorosas, o que demonstra que tais lotes têm um desenvolvimento inicial rápido; com médio vigor, observa-se semelhança nos resultados dos testes de comprimento e massa seca de plântula para os lotes 1, 8, 14, 17, 20, 21, 22, 2, enquanto que os demais lotes foram classificados como de baixo vigor.

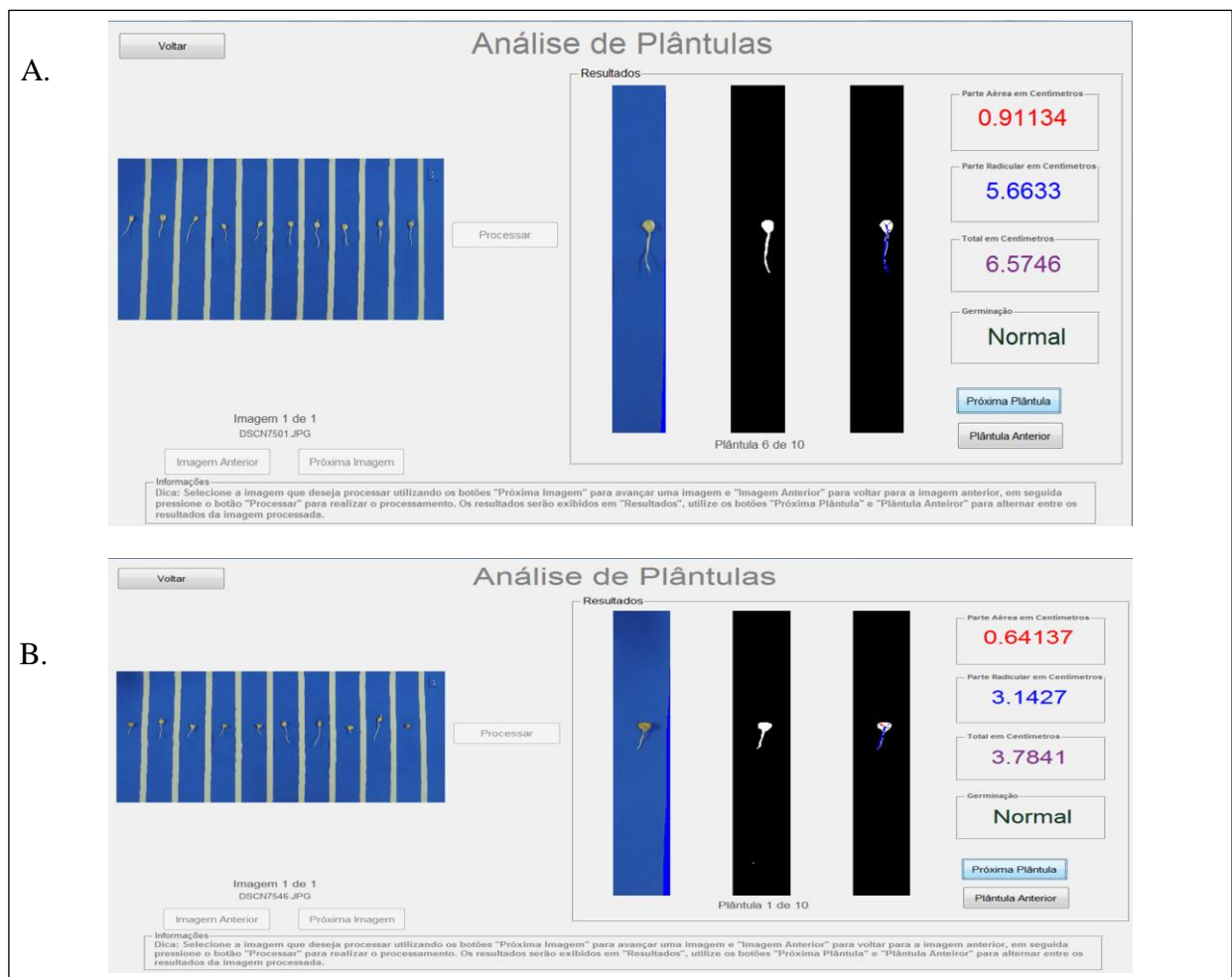
Os dados da massa seca das plântulas da parte aérea e raiz (Tabela 7) foram eficientes na classificação dos lotes, associado a outros parâmetros, embora apenas os lotes 5 e 15 apresentaram resultado significativos. Já para massa seca das raízes os lotes 4, 5, 9 e 24 se destacaram das demais. De acordo com Wolschick et al. (2007), os fatores ambientais não são controláveis em condições de campo, enquanto aqueles relacionados ao solo, como água e nutrientes, podem ser alterados por meio de irrigações e adubações. De acordo com Oliveira et

al. (2009), existe a dificuldade de padronização dos testes em campo, devido à variação das condições climáticas, por isso deve-se utilizar cautela quando houver comparação entre lotes de sementes. No entanto, é desejável a obtenção do maior número possível de informações que permitam, pelo menos, identificar lotes que possuam maiores possibilidades de um melhor desempenho em campo, ou seja, avaliar corretamente o potencial de cada lote (SCHUAB et al., 2006).

3.3 Análises de imagens de plântulas x análises fisiológicas tradicionais

O teste de comprimento de plântulas se destaca por ser um teste de baixo custo e fácil execução por não necessitar de equipamentos e nem de analistas especializados, no entanto a medição manual demanda tempo e esta sujeita a variações dos analistas. Desta forma, mesmo com os ajustes manuais, o ganho de tempo, a diminuição da mão de obra e a eficiência da leitura de forma imediata, desta forma a análise computadorizada de plântulas representa um avanço na tecnologia de avaliação da qualidade de sementes (DORNELAS; LOBO; VIEIRA, 2005).

Figura 5. Tela de Processamento individual de plântulas de milho, aos 3 dias de germinação, dos lotes 19 (A) e 23 (B) sendo avaliadas quanto ao comprimento pelo SAPL.



Através da análise de imagens das plântulas obtidas com três dias de germinação, observou-se que o comprimento total estratificou os lotes em oito níveis de vigor (Tabela 8), e que apenas os lotes 3, 5, 9 foram estatisticamente superiores, não diferindo entre si. Nos lotes 16 e 18, o comprimento total foi zero, assim como ocorreu nos comprimentos da parte aérea e da raiz da análise tradicional.

Tabela 8. Comprimento total de plântulas, índice de uniformidade (IU), índice de crescimento (IC), índice de vigor (IV) a partir da avaliação de 24 lotes de sementes de milho crioulo e um lote comercial, através do software SAPL (Sistema de Análise de Plântulas), em plântulas com três dias de germinação a 30 °C.

Lotes	Comprimento Total (cm)	Índices		
		IU	IC	IV
1	6,27 c	774,26 a	471,58 c	562,38 c
2	6,88 b	776,27 a	527,44 b	602,09 c
3	8,49 a	755,43 a	651,16 a	682,44 a
4	6,39 c	771,56 a	489,78 b	574,31 c
5	8,28 a	771,38 a	642,53 a	681,19 a
6	6,88 b	814,92 a	529,20 b	614,92 b
7	7,27 b	757,71 a	545,81 b	609,38 b
8	6,73 b	767,71 a	515,56 b	591,20 c
9	7,81 a	785,29 a	597,45 a	653,81 a
10	7,34 b	801,76 a	563,74 b	635,15 b
11	4,57 f	583,58 b	339,82 d	412,95 f
12	6,82 b	812,73 a	539,88 b	621,74 b
13	5,95 d	813,74 a	460,65 c	566,57 c
14	5,20 e	802,29 a	408,92 c	526,93 d
15	5,90 d	802,42 a	458,41 c	561,61 c
16	0,00 h	0,00 c	0,00 f	0,00 g
17	4,97 f	777,27 a	384,07 d	502,03 e
18	0,00 h	0,00 c	0,00 f	0,00 g
19	6,43 c	805,06 a	496,31 b	588,94 c
20	6,56 c	797,67 a	515,37 b	600,06 c
21	6,05 d	834,05 a	461,61 c	573,34 c
22	6,04 d	799,30 a	471,38 c	569,76 c
23	5,49 e	773,50 a	433,20 c	535,29 d
24	5,37 e	797,89 a	415,96 c	530,54 d
25	3,80 g	610,57 b	289,57 e	385,87 f
Fc	78,31	136,69	67,67	123,01
CV	8,01	5,33	8,61	5,91

O índice de uniformidade é calculado após a análise das plântulas pelo *software* e os valores variam de 0 a 1000, sendo diretamente proporcionais ao índice de vigor (MARCOS-FILHO, KIKUTI e LIMA, 2009), e acordo com os resultados obtidos no do índice de

uniformidade, os lotes de sementes crioulas eram constituídas por sementes que originaram plântulas uniformes, desta forma o índice de uniformidade fornecido pelo SAPL, na avaliação de plântulas de milho com 3 dias de germinação, não diferiu estatisticamente para a maioria dos lotes. Portanto, houve ranqueamento dos lotes em apenas três níveis de vigor, divergindo consideravelmente dos testes tradicionais, além disso, houve correlação negativa não significativa com a maioria dos testes tradicionais (Tabelas 8 e 9), pois geralmente, sementes com alto potencial fisiológico, normalmente originam plântulas uniformes. Caldeira et al. (2014) também não conseguiram correlacionar o índice de uniformidade com os testes tradicionais em sementes de girassol e TOHIDLOO; KRUSE (2009), com sementes de colza (*Brassica napus* L.), verificaram que a avaliação do vigor pelo SVIS® não foi eficiente.

Os índices de crescimento e de vigor indicaram maior potencial fisiológico apenas dos lotes 3, 5 e 9. Os lotes 11, 16, 18 e 25 apresentaram menores médias para estas variáveis, o que também foi observado quando as sementes foram avaliadas pelos testes tradicionais. Os valores do índice de vigor são baseados na rapidez e uniformidade de desenvolvimento das plântulas da amostra, em relação ao máximo valor estimado para plântulas com a idade pré-estabelecida na programação do software (SILVA;CÍCERO, 2014).

A partir da análise de correlação de Pearson (Tabela 9) foi possível observar correlação significativa positiva do comprimento total de plântulas com o índice de velocidade de emergência, comprimento da parte, comprimento de raiz e massa seca da parte aérea e raiz e correlação negativa com a condutividade elétrica e lixiviação de potássio.

Tabela 9. Coeficientes de correlação simples de Pearson (r) estimados entre os testes de primeira contagem (PC), germinação (G), envelhecimento acelerado (EA), índice de velocidade de emergência (IVE), emergência (E), comprimento da parte aérea (CPA), comprimento de raiz (CR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR), condutividade elétrica (CE), lixiviação de potássio (LP) e os índices calculados pelo SAPL (Sistema de Análise de Plântulas), comprimento de plântula (CP), índice de uniformidade (IU), índice de crescimento (IC) e índice de vigor (IV) para 24 lotes de sementes crioulas e uma comercial.

	CP	IU	IC	IV
PC	-0,096 ^{ns}	-0,137 ^{ns}	-0,09 ^{ns}	-0,128 ^{ns}
G	-0,15 ^{ns}	-0,16 ^{ns}	-0,134 ^{ns}	-0,162 ^{ns}
EA	0,159 ^{ns}	0,153 ^{ns}	0,157 ^{ns}	-0,114 ^{ns}
IVE	0,61**	-0,12 ^{ns}	0,61**	0,56**
E	0,52 ^{ns}	-0,14 ^{ns}	0,53**	0,48**
CPA	0,57**	-0,18 ^{ns}	0,57**	0,50**
CR	0,54**	-0,08 ^{ns}	0,53**	0,49**
MSPA	0,61**	-0,08 ^{ns}	0,61**	0,57**

MSR	0,62**	-0,01 ^{ns}	0,62**	0,59**
CE	-0,41**	-0,45**	-0,43*	-0,52*
LP	-0,25**	-0,28**	-0,25**	-0,31**

ns: não-significativo

** significativo a 1% de probabilidade

* significativo a 5% de probabilidade

A alta correlação entre duas variáveis indica uma tendência semelhante na variação entre duas características, porém, não deve ser interpretada isoladamente (LEAL et al., 2012). Com a análise de correlação linear, pode-se decidir pela redução do número de características avaliadas em experimentos futuros, uma vez observada grande dependência entre as variáveis (ALBUQUERQUE et al., 2008).

4. CONCLUSÃO

Os testes físicos, sanitário e fisiológicos foram eficientes na classificação dos lotes em diferentes níveis de vigor.

O sistema de análise de plântulas não estratificou os lotes de forma semelhante aos testes tradicionais.

A cultivar comercial apresentou potencial fisiológico inferior em relação às sementes crioulas na maioria dos testes.

REFERÊNCIAS

ADELEKE, A.; MILLAS, R.; MCNEAL, W.; FARIS, J.; TAHERI, A. **Assessing root system architecture of wheat seedling using a high-throughput root phenotyping system.** Disponível em: <https://doi.org/10.1101/677955>. 2019.

AGÊNCIA BRASIL. **Brasil já é o segundo maior exportador mundial de milho.** Disponível em: <https://canalrural.uol.com.br/agronegocio/brasil-ja-e-o-segundo-maior-exportador-mundial-de-milho>. Acesso em: 28 nov. 2019.

AGRICULTURA FAMILIAR: **linha de pesquisa.** Disponível em: www.ufv.com.br/dft/milho/agricultura_familiar.htm. Acesso em: 12 ago. 2019.

ALBRECHT, L. P.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; AGUIAR, C. G.; ÁVILA, M. R.; STULP, M. Qualidade fisiológica sanitária de sementes sob semeadura antecipada da soja. **Scientia Agraria**, v. 9, n. 4, p. 445-454, 2008.

ALBUQUERQUE, C.J.B.; VON PINHO, R.G.; SILVA, R. Produtividade de híbridos de milho verde experimentais e comerciais. **Bioscience Journal**, v. 24, n. 2, p.69-76, 2008.

ALVARENGA, R.O; MARCOS-FILHO, J.; GOMES-JUNIOR, F. G. Avaliação do vigor de sementes de milho super doce por meio da análise computadorizada de imagens de plântulas. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, n. 3, p. 488-494, 2012.

ALVES, E.; CAVARIANI, C.; CORRÊA, M. R.; SOUZA; F. L. G.; CORRÊA, T. M.; NAKAGAWA, J. Efeito dos períodos de envelhecimento na lixiviação de íons de proteínas solúveis em sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 26, n. 2, p. 119-125, 2004.

AMARO, H. T. R.; DAVID, A. M. S. S.; ASSIS, M. O.; RODRIGUES, B. R. A.; CANGUSSU, L. V. S.; OLIVEIRA, M. B. Testes de vigor para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de feijoeiro. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 38, n. 3, p. 383-389, 2015.

ANTONELLO, L. M.; MUNIZ, M. F. B.; BRAND, S. C.; RODRIGUES, J.; DE MENEZES, N. L.; KULCZYNSKI, S. M. Influência do tipo de embalagem na qualidade fisiológica de sementes de milho crioulo. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 4, p. 75-86, 2009.

ARAÚJO, S. L.; FERREIRA, T. C.; SANTOS, A. S.; CORRÊA, E. B. Sanidade de sementes crioulas de milho armazenadas por agricultores familiares na Paraíba. **Cadernos de Agroecologia**, v. 8, n. 2, p. 1-4, 2013.

ARTUZO, F. D.; FOGUESATTO, C. R.; MACHADO, J. A. D.; OLIVEIRA, L.; SOUZA, A. R. L. O potencial produtivo brasileiro: uma análise histórica da produção de milho. **Revista Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 12, n. 2, p. 515-540, 2019.

ASA. Articulação Semiárido Brasileiro. **Sementes e Agrodiversidade no Semiárido**. Disponível em: www.asabrasil.org.br/sugestao-de-leitura?cat_show=138#categoria_img. Acesso em: 27 de dez. 2019.

AZEREDO, G. A.; PAULA, R.C.P.; VALERI, S.V. Electrical conductivity in *Piptadenia moniliformis* Benth. seed lots classified by size and color. **Revista Árvore**, v. 40, n. 5, p. 855-866, 2016.

BAALBAKI, R.; ELIAS, S.; MARCOS-FILHO, J.; McDONALD, M. B. **Seed vigor testing handbook**, AOSA, 2019. (Contribution to be Handbook on Seed Testing, 32.)

BARBIERI, A. P. P.; MENEZES, N. L. de; CONCEIÇÃO, G. M.; TUNES, L. M. de. Teste de lixiviação de potássio para a avaliação do vigor de sementes de arroz. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, n. 1, p. 117-124, 2012.

BARBOSA, R. M.; VIEIRA, B. G. T. L.; GOMES-JUNIOR, F. G.; VIEIRA, R. D. Image analysis and peanut seeds performance during the production process. **Científica**, v. 44, n. 3, p. 412-420, 2016.

BARROS, J. F. C; CALADO, J. G. **A cultura do milho**, Universidade de Évora, 2014, p. 52.

BATISTA, N. A. S.; LUZ P. B. da; SOBRINHO, S. de P.; NEVES, L. G.; KRAUSE, W. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de feijão-caupi pelo teste de condutividade elétrica. **Revista Ceres**, v. 59, n. 4, p. 550-554, 2012.

BATISTELLA FILHO, F.; VITTI MORO, F.; CARVALHO, N. M. Relationships between physical, morphological, and physiological characteristics of seeds developed at different positions of the ear of two maize (*Zea mays* L.) hybrids. **Seed Science and Technology**, v. 30, n.1, p. 97-106, 2002.

BITTENCOURT, S. R. M.; GRZYBOWSKILL, C. R. S.; PANOBIANCO, M.; VIEIRA, R. D. Metodologia alternativa para condução do teste de envelhecimento acelerado em sementes de milho. **Ciência Rural**, v.42, n.8, P. 1360-1365, 2012.

BOEF, W. S.; THIJSEN, M. H.; OGLIARI, J. B.; STHAPIT, B. R. Biodiversidade e agricultores: **fortalecendo o manejo comunitário**. L&PM, 2007, p. 271.

BRASIL. Lei nº 10.711, de 5 de agosto de 2003. **Dispõe sobre o Sistema Nacional de Sementes e Mudanças e dá outras providências**, Brasília, 2003.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n.45, de 17 de setembro de 2013. Estabelece padrões de identidade e qualidade para a produção e a comercialização de sementes de algodão, amendoim, arroz, arroz preto, arroz vermelho, aveia branca e amarela, canola, centeio, cevada, ervilha, feijão, feijão caupi, gergelim, girassol variedades, girassol cultivares híbridas, juta, linho, mamona variedades, mamona cultivares híbridas, milho variedades, milho cultivares híbridas, painço, soja, sorgo variedades, sorgo cultivares híbridas, tabaco, trigo, trigo duro, triticale e de espécies de grandes culturas inscritas no Registro Nacional de Cultivares - RNC e não contempladas com padrão específico. **Diário Oficial da União**, v.150, n. 183, seção 1, p. 6-27, 2013.

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

BRITO, M.C.; AZEVEDO, F.R.; FREITAS-JUNIOR, S. P.; MAIA, L.M.; SILVA, C.S.; SILVA, T.P. Teste de germinação para avaliar o vigor de sementes de milho crioulo coletadas na região Cariri. **In: Encontro Universitário da UFC no Cariri**, n. 3, p. 1-4, 2011.

BRUNES, A. P.; ARAÚJO, A. S.; DIAS, L. W.; ANTONIOLLI, G. I. G.; VILLELA, F. A. Rice seeds vigor through image processing of seedlings. **Ciência Rural**, v. 49, n. 8, p. 1-6, 2019.

CALDEIRA, C. M.; CARVALHO, M. L. M. de; OLIVEIRA, J. A.; COELHO, S. V. B.; KATAOKA, V.Y. Vigor de sementes de girassol pela análise computadorizada de plântulas. **Científica**, v. 42, n. 4, p. 346-353, 2014.

CAMPOS, S. R. F. Aspectos legais da produção e da comercialização de sementes. **Informe Agropecuário**, v. 27, n. 232, p. 15-21, 2006.

CARNEIRO, J. W. P.; GUEDES, T. A.; AMARAL, D. Descrição do tamanho de sementes de milho em lotes disponíveis no comércio. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 23, n. 2, p. 209-214, 2001.

CARPENTIERE-PÍPOLO, V.; SOUZA, A.; SILVA, D. A.; BARRETO, T. P.; GARBUGLIO, D. D.; FERREIRA, J. M. Avaliação de cultivares de milho crioulo em sistema de baixo nível tecnológico. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 32, n. 2, p. 229-233, 2010.

- CARVALHO, M. L. M. de. Utilização da análise de imagem – conceitos, metodologia e usos. **Informativo Abrates**, v. 20, n. 3, p. 45-47, 2010.
- CARVALHO, M. L. M.; CALVIN, G. P., FERRAZ, I. D. K. Análise de Sementes. *In*: BARBEDO, C. J.; SANTOS JUNIOR, N. A. **Sementes do Brasil: Produção e Tecnologia para Espécies da Flora Brasileira**, v. 1, p. 109-138, 2018.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4 ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012, 590 p.
- CASTAN, D. O. C.; GOMES-JUNIOR, F. G.; MARCOS-FILHO, J. Vigor-S, a new system for evaluating the physiological potential of maize seeds. **Scientia Agricola**, v. 75, n. 2, p. 167–172, 2018.
- CASTRO, C. N. **Agricultura no Nordeste Brasileiro: Oportunidades e limitações ao desenvolvimento**. Texto para discussão, Instituto de Pesquisa Aplicada – IPEA, 2012, p. 48.
- CATÃO, H. C. R. M.; CAIXETA, F. Teste de condutividade elétrica em sementes de soja com período de embebição reduzido. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n. 2, p. 387-393, 2019.
- CATÃO, H. C. R. M.; CAIXETA, F.; CASTILHO, I. M.; MARINKE, L. S., MARTINS, G. Z., MENEZES, J. B. C. Potassium leaching test in evaluation of popcorn seed vigor. **Journal of Seed Science**, v. 41, n. 4, p. 461-469, 2019.
- CATÃO, H. C. R. M.; COSTA, F. M.; VALADARES, S. V.; DOURADO, R. E.; BRANDÃO JUNIOR, D. S.; SALES, N. L. P. Qualidade física, fisiológica e sanitária de sementes de milho crioulo produzidas no norte de Minas Gerais. **Ciência Rural**, v. 40, n. 10, p. 2060-2066, 2010.
- COELHO, C. M. M.; MOTA, M. R.; SOUZA, C. A.; MIQUELLUTI, D. J. Potencial fisiológico em sementes de cultivares de feijão crioulo (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 3, p. 097-105, 2010.
- COIMBRA, R. A.; MARTINS, C. C.; TOMAZ, C. A.; NAKAGAWA, J. Testes de vigor utilizados na avaliação da qualidade fisiológico de lotes de sementes de milho-doce (sh2). **Ciência Rural**, v.39, n.9, p.2402-2408, 2009.
- CONAB - **Série Histórica das Safras**. Safra 2017/2018. Disponível em:< <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras?start=20>>. Acesso em: 16 jan. 2020.
- COSTA, D. S.; NOVEMBRE, A. D. L. C. Análise multivariada para expressão de resultados de potencial fisiológico de sementes de arroz. **Revista Agrarian**, v. 12, n. 45, p. 418-424, 2019.
- COSTA, J. G; CAMPOS, I. S. Recomendações básicas para a produção de sementes de milho no nível da pequena propriedade rural. Embrapa-Centro de Pesquisa Agroflorestal do Acre, **Instrução Técnica**, n. 4, p. 1-3, 1997.

- CRISÓSTOMO, N. M. S.; COSTA, E. A.; SILVA, C. L.; BERTO, T. S.; RAMOS, M. G. C. Qualidade fisiológica de sementes de milho crioulo proveniente de diferentes localidades. **Revista Craibeiras de Agroecologia**, v. 3, n. 1, p. 6555, 2018.
- CRUZ, J. C.; KONZEN, E. A.; PEREIRA FILHO, I. A.; MARRIEL, I. E.; CRUZ, I.; DUARTE, J. O.; OLIVEIRA, M. F.; ALVARENGA, R. C. Produção de milho orgânico na agricultura familiar. **Circular Técnica**, n. 81, 2006. 17p.
- DALLA-COSTA, D. A.; COLOGNESE, I. C.; PEREIRA, S. R.; RODRIGUES, A. P. D. C. Qualidade fisiológica de sementes crioulas de milho pipoca. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 13, n. 5, p. 256, 2018.
- DIAS, L. B. X.; QUEIROZ, P. A. L.; FERREIRA, L. B. S.; SANTOS, W. V.; FREITAS, M. A. M.; SILVA, P. P.; NASCIMENTO, W. M.; LEÃO-ARAÚJO, E. F. Teste de condutividade elétrica e embebição de sementes de grão-de-bico. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.14, n.2, e5641, 2019.
- DIAS, M. A. N.; MONDO, V. H. V.; CICERO, S. M.; GONÇALVES, N. R.; SILVA, C. A. T. D. Vigor tests association as the alternative for precise and efficient assessment of maize seed quality. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 3, p. 93-99, 2015.
- DORNELAS, M. C.; LOBO, C. A.; VIEIRA, I. G. Avaliação do tamanho de plântulas de *Eucalyptus spp.* Após a germinação, com utilização de análise de imagens digitais auxiliada por computador. **Scientia Forestalis**, n. 68, p. 125-130, 2005.
- DOURADINHO, G. Z.; SOUZA, G. A.; OLIVEIRA, C. P.; BORTOLAZZO, G.; ZOZ, T.; STEINER, F. Teste de lixiviação de potássio para a avaliação rápida do vigor de sementes de trigo. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 2, n. 3, p. 18–22, 2015.
- DUTRA, A. S.; VIEIRA, R. D. Envelhecimento Acelerado como teste de vigor para sementes de milho e soja. **Ciência Rural**, v. 34, n. 3, p. 715-721, 2004.
- FAVARATO, L. F.; ROCHA, V. S.; ESPINDULA, M. C.; SOUZA, M. A.; PAULA, G. S. Teste de lixiviação de potássio para a avaliação da qualidade em sementes de trigo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n.4, p. 670-674, 2011.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: um sistema computacional de análise estatística. **Ciênc. agrotec.** [online], vol. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- FIALHO, A.; FERREIRA, P. H. de F. D.; GASTL-FILHO, J.; MENDES, R. G.; COUTINHO, E. S.; CARVALHO, P. H. B. R.; PEIXOTO-FILHO, F. R. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de trigo pelo teste de condutividade elétrica. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 10, p. 17338-17347, 2019.
- FOGAÇA, J. J. N.; SILVA, R. A.; SANTOS, J. L.; NUNES, T. C.; FERREIRA, L. L.; MORAIS, O. M. Qualidade fisiológica de sementes de mamona crioula var: Carrapatinho em função da posição do ráculo. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 1, p. 87-93, 2017.

- GOMES-JUNIOR, F. G.; CHAMMA, H. M.C. P.; CICERO, S. M.; Automated image analysis of seedlings for vigor evaluation of common bean seeds. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 36, n. 2, p. 195-200, 2014.
- HAMPTON, J. G. What is seed quality? **Seed Science and Technology**, v. 30, n. 1, p. 1-10, 2002.
- HOWARTH, M. S.; STANWOOD, P. C. Measurement of seedling growth rate by machine vision. **Transactions of American Society of Agricultural Engineering**, v. 36, n. 3, p. 959-963, 1993.
- IBGE. **Censo Agropecuário 2017**. 2019. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/>. Acesso em : 5 dez. 2019.
- KAVAN, H. C.; CATÃO, H. C. R. M.; CAIXETA, F.; ROCHA, C. da S.; CASTILHO, I. M. Períodos de envelhecimento acelerado e seus efeitos na condutividade elétrica em sementes de milho pipoca. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n. 1, p. 40-48, 2019.
- KIKUTI, H.; MEDINA, P.F.; KIKUTI, A.L.P.; RAMOS, N.P. Teste de lixiviação de potássio para avaliação do vigor de sementes de amendoim. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 1, p. 10-18, 2008.
- LACERDA, A.L.S. Fatores que afetam a maturação e qualidade fisiológica das sementes de soja (*Glycine max L.*). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 17, p. 132-37, 2007.
- LEAL, C.C.P.; TORRES, S.B.; NOGUEIRA, N.W.; TOMCZAK, V.E.; BENEDITO, C.P. Validação de testes de vigor para sementes de rúcula (*Eruca sativa L.*). **Revista Brasileira de Biociências**, v. 10, n. 3, p. 421, 2012.
- LIMA, J.J.P.; FREITAS, M.N.; GUIMARÃES, R.M.; VIEIRA, A.R.; ÁVILA, M.A.B. Accelerated aging and electrical conductivity tests in crambe seeds. **Ciência e Agrotecnologia**, vol. 39, n. 1, p. 7-14, 2015.
- LIMA, L. G.; SANTOS, F. No semiárido de Alagoas, a resistência germina na terra: a luta territorial em defesa das sementes crioulas. **Revista NERA**, v. 21, n. 41, p. 192-217, 2018.
- LONDRES, F. As sementes da paixão e as políticas de distribuição de sementes na Paraíba, **AS-PTA**, 2014. 84p.
- MARCOS-FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Abrates, 2015. 617 p.
- MARCOS-FILHO, J. System computerized analysis of seedling images (SVIS[®]) for evaluation of seed vigor. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 20, p. 40-44, 2010.
- MARCOS-FILHO, J.; KIKUTI, A. L. P.; LIMA, L. B. Métodos para avaliação do vigor de sementes de soja, incluindo a análise computadorizada de imagens. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 31, n. 1, p. 102-112, 2009.
- MARQUES, A. R.; DUTRA, A. S. Metodologia do teste de condutividade elétrica em sementes de sorgo granífero. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 17, n. 1, p. 147-156, 2018.

- MARQUES, G. E. D. C.; SOUSA, F. C.; MUNIZ, R. A.; ABREU, L. S. D.; MATOS, J. M. D. Qualidade química e fisiológica de sementes crioulas de arroz no Maranhão. **Cadernos de Agroecologia**, v. 13, n. 1, 2018.
- McCORMAC, A. C.; KEFFE, P. D.; DRAPER, R. S. Automated vigour testing of field vegetables using image analysis. **Seed Science and Technology**, v. 18, n. 1, p. 103-112, 1990.
- MEDEIROS, A. D. de; PEREIRA, M. D. SAPL[®]: a free software for determining the physiological potential in soybean seeds. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 48, n. 3, p. 222–228, 2018.
- MEDEIROS, A. D.; SILVA, L. J.; CAPOBIANGO, N. P.; FIALHO, C. A.; DIAS, D. C. F. S. Assessing the physiological quality of common bean seeds using the Vigor-S[®] system and its relation to the accelerated aging test. **Journal of Seed Science**, v. 41, n. 2, p. 187-195, 2019.
- MEDEIROS, A. D.; PEREIRA, M. D.; SILVA, J. A. Processamento digital de imagens na determinação do vigor de sementes de milho. **Brazilian Journal of Agricultural Sciences/Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 13, n. 3, p. 5540, 2018.
- MENGARDA, L. H. G.; LOPES, J. C.; ZANOTTI, R. F.; ALEXANDRE, R. S. Desempenho de genótipos de mamoeiro quanto à qualidade física e fisiológica de sementes e análises de diversidade. **Bioscience Journal**, v. 31, n. 3, p. 719-729, 2015.
- MICHELS, A. F.; SOUZA, C. A.; COELHO, C. M. M.; ZILIO, M. Qualidade fisiológica de sementes de feijão crioulo produzidas no oeste e planalto catarinense. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 45, n. 3, p. 620-632, 2014.
- MIELEZRSKI, F.; SCHUCH, L.; PESKE, S.; PANOZZO, L.; CARVALHO, R.; ZUCHI, J. Desempenho em campo de plantas isoladas de arroz híbrido em função da qualidade fisiológica das sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 3, p. 139-144, 2008.
- MIGUEL, M. V. C.; MARCOS-FILHO, J. Potassium leakage and maize seed physiological potential. **Scientia Agricola**, v. 59, n. 2, p. 315-319, 2002.
- MIRANDA, G. V.; CANIATO, F. F.; FIDELIS, R. R.; ARAÚJO, E. F.; SOUZA, L. V.; DONÁ, A. A. Qualidade fisiológica de sementes de populações de milho crioulo da zona da mata de Minas Gerais. **Revista Ceres**, v. 50, n. 289, p. 337-345, 2003.
- MOURA, M. C. F.; LIMA, L. K. S.; SANTOS, C. C.; DUTRA, A. S. Teste de condutividade elétrica na avaliação fisiológica em sementes de *Vigna unguiculata*. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 4, p. 714-721, 2017.
- MUNIZZI, A.; BRACCINI, A. D. L.; RANGEL, M. A. S.; SCAPIM, C. A.; BARBOSA, M. C.; ALBRECHT, L. P. Qualidade de sementes de quatro cultivares de soja, colhidas em dois locais no estado de Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 1, p. 176-185, 2010.

- NASCIMENTO, M. G. R.; SILVA, M. L. M.; ALVES, E. U.; RODRIGUES, C. M.; SILVA, M. J. Vigor tests in seeds creole of *Phaseolus lunatus* L. **Biocience Journal**, v. 35, n. 5, p. 1463-1469, 2019.
- NUNES, T. C.; SOUZA, U. O.; BANDEIRAA. S.; SANTOS, J. L.; MORAIS, O .M.; GOMES, M. F. Qualidade de sementes de *Vigna unguiculata* classificadas em diferentes tamanhos. **Cultura Agrônômica**, v. 26, n. 1, p. 1-9, 2017.
- NUNES, U. R.; NUNES, S. C. P.; FONSECA, P. G.; PEGO, R. G. Efeito da época de colheita, irrigação e permanência de sementes em solo seco no desenvolvimento inicial de plântulas de *Syngonanthus elegans* (Bong.) Ruhland. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 3, p. 64-70, 2008.
- OHLSON, O. C.; KRZYKANOWSKI, F. C.; CAIEIRO.; J. T. PANOBIANCO, M. Teste de envelhecimento acelerado em sementes trigo. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 4, p.118-124, 2010.
- OLIVEIRA, A. C. S.; MARTINS, G. N.; SILVA, R. F.; VIEIRA, H. D. TESTES DE VIGOR EM SEMENTES BASEADOS NO DESEMPENHO DE PLÂNTULAS. **Inter Science Place**, v. 2, n. 4, 2009.
- PADUA, G. P.; ZITO, R. K.; ARANTES, N. E.; FRANÇA NETO, J. B. Influência do tamanho da semente na qualidade fisiológica e na produtividade da cultura da soja. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 3, p. 09-16, 2010.
- PATERNIANI, E.; NASS, L. L.; SANTOS, M. D. **O valor dos recursos genéticos de milho para o Brasil: uma abordagem histórica da utilização do germoplasma.** v. 1, 2000. 41p.
- PETERSEN, P.; SILVEIRA, L.; DIAS, E.; CURADO, F.; SANTOS, A. Sementes ou grãos? Lutas para desconstrução de uma falsa dicotomia. **Revista Agriculturas: experiências em agroecologia**, v. 10, n. 1, p. 36-46, 2013.
- PONCE, R. M.; LIMA, L. H. S.; COSTA, D. S.; ZUCARELI, C.; TAKAHASHI, L. S. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n. 3, p. 676-683, 2019.
- QUEIROZ, T. N.; VALIGUZSKI, A. L.; BRAGA, C. DOS S.; SOUZA, S. A. M.; ROCHA, A. M. DA. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de variedades tradicionais de milho. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**. v. 17, n. 1, 2019.
- RODRIGUES, M. H. B. S.; NASCIMENTO, D. M.; FERNANDES, J. B. R.; SILVA, S. N.; GURJÃO, K. C. O. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes crioulas de feijão cultivadas no Assentamento Três Irmãos-PB. **Cadernos de Agroecologia**, v. 10, n. 3, p. 1-5, 2016.
- SACHS, I. Brasil rural: da redescoberta à invenção. **Estudos avançados**, v. 15, n. 43, p. 75-82, 2001.
- SAKO, Y.; McDONALD, M. B.; FUJIMURA, K; EVANS, A. F.; BENETT, M. A. A system for automated seed vigour assessment. **Seed Science and Technology**, v. 29, n. 3, p. 625-636, 2001.

- SANTOS, A. S.; CURADO, F. F.; TAVARES, E. D. Pesquisas com sementes crioulas e suas interações com as políticas públicas na região Nordeste do Brasil. **Cadernos de Ciências & Tecnologia**, v. 36, n. 3, e26514, 2019.
- SBRUSSI, C. A. G.; ZUCARELI, C. Germinação de sementes de milho com diferentes níveis de vigor em resposta à diferentes temperaturas. **Semina: Ciências Agrárias**, v.35, n.1, p.215-226, 2014.
- SCHEEREN, B.R.; PESKE, S.T.; SCHUCH, L.O.B.; BARROS, A.C.A. Physiological quality of soybean seeds and productivity. **Journal of Seed Science**, v.32, n.3, p.35-41, 2010.
- SCHUAB, S.R.P. et al. Potencial fisiológico de sementes de soja e sua relação com a emergência das plântulas em campo. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.28, n.4, p.553- 561, 2006.
- SENA, D. V. A.; ALVES, E. U.; MEDEIROS, D. S.; Vigor tests to evaluate yhe physiological quality of corn seeds cv. “Sertanejo”. **Ciência Rural**, v.47, n.3, p. 1-7, 2015.
- SHIEH, W. J.; McDONALD, M.B. The Influence of seed size, shape and treatment on inbred seed corn quality. **Seed Science and Techonology**, v.10, n.2, p.307-313, 1932.
- SILVA, Ana Flavia Vieira da. Banco de sementes crioulas: uma questão de sustentabilidade no Sítio São Tomé II, Alagoa Nova-PB. Campina Grande: UEPB, 2018. 31 p. **Monografia** (Licenciatura Plena em Geografia) – Universidade Estadual de Campina Grande, Campina Grande – PB.
- SILVA, F. H. A. da; TORRES, S. B.; CARVALHO, S. M. C.; BAI, M.; LOPES, W. de A. R. L. Physical and physiological atributes of saved cowpea seeds used in the Brazilian semi-arid region. **Revista Caatinga**, v. 32, n. 1, p. 113-120, 2019.
- SILVA, L. J.; MEDEIROS, A. D. de; OLIVEIRA, A. S. SeedCalc, a new automated R software tool for germination and seedling length data processing. **Journal of Seed Science**, v. 41, n. 2, 2019.
- SILVA, S. N.; ROCHA, J. E. T.; SANTOS, A. A.; GURJÃO, K. C. D. O.; SIQUEIRA, E. D. C. Produção e qualidade fisiológica de sementes crioulas oriundas de banco de sementes de comunidades assentadas no sertão paraibano. **Cadernos de Agroecologia**, v. 10, n. 3, 2016.
- SILVA, V. N.; ZAMBIASI, C. A.; TILLMANN, M. A. A. M.; VILLELA, F. A. Condução do teste de condutividade elétrica utilizando partes de sementes de feijão. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 37, n. 2, p. 206-213, 2014.
- SILVA, V. N.; CICERO, S. M. Análise de imagens de plântulas para avaliação do potencial fisiológico de sementes de berinjela. **Horticultura Brasileira**, v. 32, n 2, p. 145-151, 2014.
- SOUZA, Jessica Odila Lourenço. A conservação da agrobiodiversidade sob a perspectiva dos guardiões de sementes crioulas. Pato Branco: UTFPR, 2018. 97p. **Dissertação** (Mestrado em Desenvolvimento Regional) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco – PR.

STEFANELLO, R.; MUNIZ, M. F. B.; NUNES, U. R.; DUTRA, C. B.; SOMAVILLA, I. Physiological and sanitary qualities of maize landrace seeds stored under two conditions. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 39, n. 4, p. 339-347, 2015.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819p.

TILLMANN, M. A. A.; TUNES, L. M.; ALMEIDA, A. S. Análise de sementes. In: PESKE, S. T.; VILLELA, F. A.; MENEGHELLO, G. E. **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. 4 ed., 2019, p. 147-257.

TOHIDLOO, G.; KRUSE, M. Development of an image analysis aided seedling growth test for winter oilseed rape and verification as a vigour test. **Seed Science and Technology**, v.37, n.1, p.98-109, 2009.

TORRES, S.B.; PAIVA, E.P.; ALMEIDA, J.P.N.; BENEDITO, C.P. & CARVALHO, S.M.C.C. Teste de condutividade elétrica na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de coentro. **Revista Ciência Agronômica**, vol. 46, n. 3, p. 622-629, 2015.

TROGELLO, E.; MODOLO, A. J.; PORTES, A. F.; BRUSAMARELLO, A. P. Tamanhos e formatos de sementes não influenciam a germinação, desenvolvimento e produtividade da cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 19, n. 1, p. 41-48, 2013.

VAZQUEZ, G. H.; ARF, O.; SARGI, B. A.; PESSOA, A. C. O. Influência do tamanho e da forma da semente de milho sobre o desenvolvimento da planta e a produtividade da planta e a produtividade de grãos. **Bioscience Journal**, v.28, n.1, p.16-24, 2012.

VAZQUEZ, G.H.; BERTOLIN, D. C.; SPEGIORIN, C.N. Testes de envelhecimento acelerado e de condutividade elétrica para avaliar a qualidade fisiológica de sementes de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). **Revista Brasileira de Biociências**, v. 9, n. 1, p. 18-24, 2011.

VIEIRA, R. D.; SCAPPA-NETO, A.; BITTENCOURT, S. R. de M.; PANOBIANCO, M.; VOLPE, C. A. Envelhecimento acelerado em sementes de milho: teor de água de sementes e variações na temperatura e umidade relativa do ar em função do tipo de câmara. **Científica**, v. 33, n. 1, p. 7-11, 2005.

WOLSCHICK, D.; MARTINEZ, A. M.; FONTES, P. C. R.; MATOS, A. T. de. Implantação e teste de um modelo mecanístico de simulação do crescimento e desenvolvimento de plantas de milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n. 3, p. 271-278, 2007.

XAVIER, F. da M.; EBERHARDT, P. E. R.; ALMEIDA, A. da S.; MARTINS, A. B. N.; CARVALHO, I. L.; TUNES, L. V. M. de. Teste de condutividade em sementes de feijão miúdo (*Vigna unguiculata*). **Revista Verde**, v. 12, n. 2, p. 204-209, 2017.

ZUCARELI, C.; BRZEZINSKI, C. R.; ABATI, J.; HENNING, F. A.; RAMOS-JUNIOR, E. U.; NAKAGAWARA, J. Lixiviação de íons potássio, cálcio e magnésio para determinação do vigor em sementes de milho doce. **Informativo Abrates**, v. 23, n.3, p. 56-60, 2013.