



RENATA TIEMI NOMADA

**POTENCIAL FISIOLÓGICO E TAMANHO DE SEMENTES DE
TRIGO**

**LAVRAS – MG
2023**

RENATA TIEMI NOMADA

POTENCIAL FISIOLÓGICO E TAMANHO DE SEMENTES DE TRIGO

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

Prof^a. Dr^a. Raquel Maria de Oliveira Pires
Orientadora

Prof. Dr. Geraldo Andrade de Carvalho
Coorientador

**LAVRAS – MG
2023**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Nomada, Renata Tiemi.

Potencial fisiológico e tamanho de sementes de trigo / Renata
Tiemi Nomada. - 2023.

62 p. : il.

Orientador(a): Raquel Maria De Oliveira Pires.

Coorientador(a): Geraldo Andrade De Carvalho.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de
Lavras, 2023.

Bibliografia.

1. Classificação. 2. Germinação. 3. Vigor. I. Pires, Raquel
Maria De Oliveira. II. Carvalho, Geraldo Andrade De. III. Título.

RENATA TIEMI NOMADA

POTENCIAL FISIOLÓGICO E TAMANHO DE SEMENTES DE TRIGO

PHYSIOLOGICAL POTENTIAL AND SIZE OF WHEAT SEEDS

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 17 de fevereiro de 2023

Prof. Dr. José Maria Villela Pádua

UFLA

Dr^a. Genaina Aparecida de Souza

UFV

Prof^a. Dr^a. Raquel Maria de Oliveira Pires
Orientadora

Prof. Dr. Geraldo Andrade de Carvalho
Coorientador

LAVRAS - MG
2023

À Deus
Aos meus pais, Edison e Viviane, que apoiam meus sonhos e me dão força para concretizá-los
Dedico

AGRADECIMENTOS

À Deus, por sempre iluminar meus caminhos e trazer paz no coração.

Aos meus pais, Edison e Viviane, por nunca medirem esforços para a minha felicidade, por todos os ensinamentos e gestos de amor, e sempre me incentivarem e apoiarem minhas decisões, me levantando nos momentos difíceis e comemorando minhas conquistas. O que eu sou hoje devo a vocês. Minha eterna gratidão, eu amo vocês.

Meu namorado, João Vitor, meu maior presente da vida, obrigada por tudo o que faz para ver um sorriso em meu rosto, pelo seu amor e companheirismo, por todos os nossos momentos juntos. Obrigada por segurar minha mão e caminhar ao meu lado. Eu te amo.

Aos meus amigos da Universidade, que caminharam comigo nessa jornada, obrigada pela parceria e amizade, e desejo muita felicidade para vocês que me proporcionaram o mesmo durante esses anos, e muito sucesso na vida profissional. Levo vocês no coração.

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Agricultura, pela oportunidade e todo o apoio durante o desenvolvimento da pesquisa. E ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia.

À minha orientadora, professora Raquel, pela confiança e orientação no desenvolvimento deste trabalho e outras atividades que executei no setor, por toda a paciência em me ajudar sempre que precisei, e todo o aprendizado e crescimento que obtive nesses anos de mestrado. Ao professor Geraldo, que não apenas me coorientou, como também me confortou em diversos momentos nestes anos. Também agradeço a nossa equipe, que sempre esteve presente quando precisei de ajuda no laboratório. Obrigada pela força.

Aos profissionais do Setor de Sementes, professores, técnicos e pós-doutorandos, em especial a doutora Dayliane, Geraldo e Jaqueline, por sempre se disponibilizarem quando precisei, pelos conselhos e apoio para a realização deste trabalho. E ao professor José Maria, que me acompanhou durante todo o processo de execução deste trabalho, dando apoio sempre que precisei.

E por fim, agradeço a todos que passaram pela minha vida e contribuíram para o meu crescimento pessoal e profissional, vocês foram essenciais em minha. Muito obrigada!

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior –Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

RESUMO GERAL

A produção de trigo no Brasil está concentrada majoritariamente na região sul, no entanto, ainda há a necessidade da importação de trigo para suprir a demanda nacional. Um dos principais fatores que contribuem para a obtenção de altos rendimentos das lavouras é a utilização de sementes de qualidade, e a classificação de sementes por tamanho pode contribuir para maior uniformidade no desenvolvimento do estande na lavoura. O objetivo no trabalho foi avaliar a influência do tamanho das sementes na qualidade fisiológica, em diferentes cultivares de trigo. Foi feita a classificação de 11 cultivares de trigo em três tamanhos: pequeno, médio e grande. Posteriormente, fez-se a caracterização dos tratamentos pelos testes de umidade, peso de mil sementes e teste de sanidade. A avaliação da qualidade fisiológica foi realizada pelo teste de primeira contagem, germinação, emergência, índice de velocidade de emergência, envelhecimento acelerado, condutividade elétrica, massa seca de raiz e parte aérea, comprimento de raiz e parte aérea, comprimento total e razão de parte aérea/raiz. Houve variação nos resultados dos testes de vigor para os diferentes tratamentos. A cultivar C3 apresentou desempenho inferior em comparação às demais e evidenciou diferenças no vigor entre os tamanhos para a maioria dos testes. A massa seca de parte aérea e raiz foi superior em plântulas originadas de sementes de maior tamanho para todas as cultivares. Sementes grandes tiveram maior relação com os testes de massa seca e comprimento de plântulas, enquanto sementes médias tiveram maior relação com teste de germinação, primeira contagem, emergência, índice de velocidade de emergência. Pode-se concluir que a qualidade fisiológica de sementes de trigo são afetadas pelo tamanho e influência também a massa seca de raiz e parte aérea, e as sementes de mesmo tamanho respondem de maneira semelhante aos testes fisiológicos.

Palavras-chave: Classificação. Germinação. *Triticum aestivum*. Vigor.

GENERAL ABSTRACT

Wheat production in Brazil is mostly concentrated in the southern region, however, there is still a need to import wheat to meet the national demand. One of the main factors that contribute to obtaining high crop yields is the use of quality seeds, and the classification of seeds by size can contribute to greater uniformity in the development of the stand in the field. The aim of this work was to evaluate the influence of seed size on physiological quality in different wheat cultivars. Eleven wheat cultivars were classified into three sizes: small, medium, and large. Subsequently, the characterization of treatments was carried out by moisture tests, weight of a thousand seeds and sanity test. The physiological quality evaluation was carried out by the first count test, germination, emergence, emergence speed index, accelerated aging, electrical conductivity, root and shoot dry mass, root and shoot length, total length and part aerial/root ratio. There was variation in the results of the vigor tests for the different treatments. Cultivar C3 showed inferior performance compared to the others and showed differences in vigor between sizes for most tests. The dry mass of shoots and roots was higher in seedlings originating from larger seeds for all cultivars. Large seeds had a greater relationship with the dry mass and seedling length tests, while medium seeds had a greater relationship with the germination test, first count, emergence, emergence speed index. It can be concluded that the physiological quality of wheat seeds is affected by the size, wheat seed size influences root and shoot dry mass, and seeds of the same size respond similarly to physiological tests.

Keywords: Classification. Germination. *Triticum aestivum*. Vigor.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Esquema da metodologia e análises realizadas no trabalho.....34
- Figura 2 – Rede de correlações entre as análises fisiológicas em abordagem geral (a), sementes grandes (b), sementes médias (c) e sementes pequenas (d). Germinação (G); primeira contagem (PC); emergência (EM); índice de velocidade de emergência (IVE); envelhecimento acelerado (EA); condutividade elétrica (CE); massa seca de raiz (MSR); massa seca de parte aérea (MSPA); comprimento de raiz (CR); comprimento de parte aérea (CPA); comprimento total (CT); razão de parte aérea/raiz (PA/R). A proximidade entre as características e a espessura da linha foi proporcional ao valor absoluto da correlação entre esses nós. Correlações positivas foram mostradas em azul e correlações negativas em vermelho.....51
- Figura 3 – Análise dos componentes principais (PCA) entre os tratamentos (a) e testes fisiológicos (b). Germinação (G); primeira contagem (PC); emergência (EM); índice de velocidade de emergência (IVE); envelhecimento acelerado (EA); condutividade elétrica (CE); massa seca de raiz (MSR); massa seca de parte aérea (MSPA); comprimento de raiz (CR); comprimento de parte aérea (CPA); comprimento total (CT); razão de parte aérea/raiz (PA/R).....53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Tamanho das sementes pequenas, médias e grandes para cada tratamento	33
Tabela 2 -	Média de incidência de fungo em cultivares de trigo (%).....	38
Tabela 3 -	Peso de mil sementes (PMS) de cultivares de trigo classificadas em tamanhos pequeno (P), médio (M) e grande (G), expresso em gramas.....	39
Tabela 4 -	Médias de plântulas normais obtidas nos testes de Primeira Contagem (PC%) e Germinação (G%) de sementes de trigo classificadas nos tamanhos pequeno (P), médio (M) e grande (G).....	40
Tabela 5 -	Médias de Emergência (EM%), Índice de Velocidade de Emergência (IVE), Envelhecimento acelerado (EA%) e Condutividade elétrica (CE $\mu\text{mos.cm}^{-1}\text{.g}^{-1}$) de sementes de trigo classificadas nos tamanhos pequeno (P), médio (M) e grande (G).....	42
Tabela 6 -	Médias de massa seca de raiz (MSR g), massa seca de parte aérea (MSPA g), comprimento de raiz (CR cm), comprimento de parte aérea (CPA cm) e comprimento total (CT cm) de plântulas de trigo classificadas nos tamanhos pequeno (P), médio (M) e grande (G).....	46
Tabela 7 -	Médias da razão do comprimento de parte aérea sobre raiz de plântulas de trigo classificadas nos tamanhos pequeno (P), médio (M) e grande (G).....	49
Tabela 8 -	Médias da razão do comprimento de parte aérea sobre raiz de plântulas de diferentes cultivares de trigo.....	50

LISTA DE SIGLAS

CE	Condutividade elétrica
CPA	Comprimento de parte aérea
CR	Comprimento de raiz
CT	Comprimento total
EA	Envelhecimento acelerado
EM	Emergência
G	Germinação
IVE	Índice de velocidade de emergência
MSPA	Massa seca de parte aérea
MSR	Massa seca de raiz
PA/R	Razão de comprimento de parte aérea sobre raiz
PC	Primeira contagem

SUMÁRIO

	CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO GERAL.....	12
1	INTRODUÇÃO.....	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
2.1	Triticultura no Brasil e no mundo	15
2.2	Características morfológicas do trigo.....	17
2.3	Parâmetros tecnológicos do desenvolvimento de sementes	18
2.4	Qualidade e beneficiamento de sementes de trigo.....	19
2.5	Testes que avaliam a qualidade de sementes em laboratório	22
	REFERÊNCIAS.....	24
	CAPÍTULO 2 TAMANHO DA SEMENTE INFLUENCIA NA QUALIDADE	
	FISIOLÓGICA DA CULTURA DO TRIGO?.....	28
1	INTRODUÇÃO.....	31
2	MATERIAL E MÉTODOS.....	33
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
4	CONCLUSÕES.....	55
	REFERÊNCIAS.....	56
	APÊNDICES.....	60

CAPÍTULO 1
INTRODUÇÃO GERAL

1 INTRODUÇÃO

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é uma espécie originária da região do sudoeste asiático. Sendo o segundo cereal mais produzido no mundo, depois do milho (FAO, 2023). Seu grão é rico em carboidratos, vitaminas, gorduras e proteínas e é utilizado na alimentação humana, animal e na indústria química.

O cultivo do trigo pode ser feito dentro de sistemas de manejo em rotação principalmente com milho e soja. Esta prática traz diversos benefícios, como palhada de cobertura, manejo de pragas e doenças e baixa exposição do solo (LAMAS, 2018). A triticultura nacional está concentrada principalmente na região sul, devido às condições agroclimáticas que favorecem o estabelecimento da cultura, e representa aproximadamente 90% da produção nacional (CONAB, 2022). Entretanto, ainda não é o suficiente para a demanda brasileira, o que torna necessária a importação de trigo, proveniente principalmente da Argentina, Estados Unidos, Paraguai e Uruguai (ABITRIGO, 2022).

As áreas de cultivo de trigo no país têm se expandido ao longo dos últimos anos, o que se espera, futuramente, tornar o Brasil autossuficiente na produção e abastecimento do cereal. Para tal, o desenvolvimento de tecnologias de manejo em todas as etapas da produção da cultura, que vão desde a escolha da área, passando pelas fases de preparo de solo, semeadura, colheita, beneficiamento, secagem, armazenamento e comercialização, são fundamentais. Dentre essas etapas da cadeia produtiva, a escolha e utilização de sementes com alta qualidade é um dos principais fatores contribuintes para lavouras de alto rendimento.

A caracterização da qualidade de sementes, se dá pela avaliação conjunta de quatro atributos: genético, fisiológico, físico e sanitário. Esses fatores são primordiais para se obter um bom desenvolvimento e a alta produtividade da cultura em campo. Dentre eles, a pureza física, que está relacionada a padronização de lotes e retirada de materiais inertes e outras sementes, é analisada no controle de qualidade durante os processos de pós-colheita.

Na etapa de beneficiamento de sementes de espécies como soja e milho, é realizada a classificação, ou seja, uniformização do insumo pelo seu tamanho, formato e densidade. Esse processo fornece maior padronização de lotes comerciais e a obtenção de um estande mais uniforme e homogêneo. Entretanto, para a cultura do trigo não é realizada a padronização de sementes por tamanho. Essa característica física pode variar por diversos motivos, entre eles, a

localização da semente na espiga durante o processo de formação (KELER; MARTYNOVA, 2021).

Acredita-se que sementes maiores tendem a ser mais vigorosas devido ao maior conteúdo de reservas e podem apresentar maior taxa de sobrevivência de plântulas e melhor desempenho no campo. Portanto, a utilização de peneiras para a classificação de sementes de trigo em diferentes tamanhos, pode ser interessante para a melhor caracterização de lotes comerciais (AMBIKA et al., 2014; BIANCHI et al., 2022). Dessa forma, o objetivo neste estudo foi avaliar em diferentes cultivares de trigo, a influência do tamanho da semente na qualidade fisiológica.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Triticultura no Brasil e no mundo

O trigo (*Triticum* spp.) é uma espécie pertencente à família Poaceae. Sua domesticação foi iniciada há cerca de 10 mil anos, o que contribuiu para a alteração da vida nômade e estabelecimento dos primeiros povoados (CAIERÃO et al., 2016). Para se obter o trigo que atualmente é cultivado, foram necessários milhares de anos de seleção natural e artificial (BORÉM; SCHEEREN, 2015).

Dentre as diversas espécies pertencentes ao gênero *Triticum*, atualmente apenas *T. aestivum* e *T. durum* apresentam importância comercial. O trigo é uma gramínea anual e autógama, e pode ser classificada como cultura de primavera, inverno ou facultativa, de acordo com sua exigência em fotoperíodo e temperatura, e irão determinar a época de plantio. Seu ciclo pode variar de acordo com o genótipo da cultivar e a zona bioclimática (CAIERÃO et al., 2016).

Assim como os demais cereais de inverno, o cultivo de trigo tem por finalidade a produção de grãos, sendo o segundo cereal mais produzido no mundo (FAO, 2023). Seu grão é rico em carboidratos, vitaminas, gorduras e proteínas, com importante papel socioeconômico, uma vez que é predominantemente utilizado na alimentação humana diariamente na forma de farinha para produção de pães, massas, biscoitos e cervejas. Além disso, o cereal faz parte da alimentação animal, como forragem ou farelo, e também na composição de produtos não alimentícios, tais como cosméticos, embalagens e fármacos (BORÉM; SCHEEREN, 2015).

Com o crescente aumento populacional, para atender a demanda é necessário o desenvolvimento de pesquisas para a otimização das técnicas de manejo e obtenção de maiores produtividades do cereal. Na safra de 2022/23, estima-se uma produção mundial de 781,7 milhões de toneladas de trigo em 221,4 milhões de ha de área plantada (USDA, 2022). Destacam-se China, União Europeia, Índia, Rússia e Estados Unidos como os maiores produtores e responsáveis por aproximadamente 65% da produção do cereal. Neste ranking, o Brasil ocupa a 15ª posição (CONAB, 2022).

O trigo foi introduzido no Brasil, inicialmente no estado de São Paulo, sendo posteriormente expandido para outras regiões do país (CAIERÃO et al., 2016). Por ser uma espécie cultivada na segunda safra do ano, o cereal apresenta grande importância na composição de sistemas de produção agrícola sustentáveis, como uma alternativa para sucessão e rotação de culturas

(BORÉM, SCHEEREN, 2015). Este sistema de manejo fornece diversos benefícios às lavouras, tais como palhada de cobertura, manejo de pragas e doenças e menor exposição do solo (LAMAS, 2018).

Na safra 2022/23, estima-se que sejam produzidas 9,7 milhões de toneladas do cereal no Brasil, o que representa um aumento de 27,2% em comparação à safra anterior. Desse total, mais de 90% da produção está concentrada na região sul do país. No Rio Grande do Sul, estima-se uma produção de 4,94 milhões de toneladas, seguido por Paraná e Santa Catarina, com 3,50 e 0,48 respectivamente (CONAB, 2023).

Entretanto, a produção total do grão ainda não é o suficiente para a demanda brasileira. O consumo nacional de trigo é de aproximadamente 12,3 milhões de toneladas (CONAB, 2023). Desta forma, o Brasil ainda é um grande importador do grão, proveniente majoritariamente dos Estados Unidos e Argentina (ABITRIGO, 2022). De acordo com a USDA (2022), estima-se que o Brasil importará 6,2 milhões de toneladas nesta safra.

Neste contexto, é de grande importância a realização de pesquisas a fim de aumentar a produção de trigo no país. Além da necessidade do grão para consumo, o cultivo de trigo contribui no fornecimento de cobertura morta na produção de culturas de verão, como soja e milho (CONAB, 2017; KOCH et al., 2022). Portanto, para explorar o potencial do trigo e atender a demanda nacional, é necessária a obtenção e escolha de sementes adequadas às condições de cultivo e de alta qualidade (ABATI et al., 2017).

A semente é a matéria-prima-chave para a obtenção de bons resultados nas lavouras, e a que representa menor porcentagem de custo em comparação aos demais insumos. A taxa de utilização de sementes de trigo é de 75%, e em 2020, a produção de sementes do cereal no Brasil atingiu aproximadamente 226 mil toneladas, o que representou 4,52% da produção total de sementes no país (ABRASEM, 2022).

A comercialização de sementes de trigo no Brasil, assim como as demais culturas, devem seguir padrões mínimos estabelecidos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, como a taxa de germinação mínima de 80% e 98% de pureza (BRASIL, 2013). Para atender a demanda do mercado em qualidade e quantidade, é necessária a adoção de práticas que promovam a produção de sementes de qualidade e favoreçam o adequado estabelecimento das lavouras (CARDOSO et al., 2021).

O rendimento da cultura e a eficiência do uso de recursos dependem do sucesso do desenvolvimento da planta no campo. Nesse sentido, a qualidade da semente é responsável por determinar a capacidade de germinação e o desenvolvimento de forma rápida e uniforme em diversas condições ambientais (FINCH-SAVAGE; BASSEL, 2016).

2.2 Características morfológicas do trigo

A planta de trigo é estruturada em raízes, colmo, folhas e inflorescência. Seu sistema radicular é fasciculado, com a ocorrência de brotações de afilhos, conforme as condições de solo e clima (CAIERÃO et al., 2016). As raízes seminais são responsáveis pela absorção de nutrientes e água no início do desenvolvimento das plântulas, e tem como principal função o seu estabelecimento na lavoura até o início do afilhamento. Até o momento dessas raízes se tornarem funcionais, a nutrição da plântula é obtida pelo endosperma da semente. Posteriormente, ocorre o desenvolvimento das raízes permanentes e, eventualmente, raízes adventícias (BORÉM; SCHEEREN, 2015).

O colmo da planta de trigo é oco, cilíndrico e a quantidade de nós pode variar entre genótipos e ambientes. A planta possui de seis a nove folhas dispostas de forma alternada, cujo desenvolvimento é iniciado após a emissão do coleóptilo. O tamanho, número, forma, posição e cerosidade das folhas são alguns fatores importantes para caracterização das cultivares de trigo e determinação do rendimento de grãos. Os nutrientes estocados nos colmos e folhas são translocados para as espigas na fase de florescimento, sendo essenciais na fase de enchimento de grãos (BORÉM; SCHEEREN, 2015, CAIERÃO et al., 2016).

A inflorescência do trigo é em forma de espiga, formada por espiguetas constituídas por duas a nove flores. Cada flor é composta por uma pálea e uma lema, que protegem o gineceu e o androceu. Na fase de antese, após a fecundação, ocorre a extrusão das anteras e se inicia a formação das sementes (BORÉM; SCHEEREN, 2015).

A semente de trigo é do tipo cariopse, seca e indeiscente, composto pelo endosperma e o embrião, que são envolvidos pelo pericarpo, a testa e camada de aleurona (JÚNIOR et al., 2018). O endosperma é formado por grânulos de amido e representa cerca de 83% da semente, enquanto o embrião ocupa apenas uma pequena porcentagem da cariopse (SETTER; CARLTON, 2000). A respeito da composição química, cerca de 90% da massa seca da semente de trigo é constituída por

amido, proteínas e polissacarídeos da parede celular. Já os lipídios, terpenos, compostos fenólicos, minerais e vitaminas, estão presentes em menores quantidades (SHEWRY et al, 2013).

O formato das sementes pode variar desde curto e arredondado, até estreito e comprido. Essas características podem causar diferenças significativas em seu peso específico (BORÉM; SCHEEREN, 2015). Mesmo com o desenvolvimento ótimo da cultura, o tamanho das sementes também pode diferir de acordo com sua posição na inflorescência. Sementes na parte do meio da espiga são maiores e mais pesadas que aquelas localizadas nas partes inferior e superior (KELER; MARTYNOVA, 2021).

Durante os processos de formação e maturação das sementes, ocorrem modificações que podem fornecer informações importantes para a adoção da tecnologia adequada (EICHELBERGER, 2011), dentre elas o tamanho, quantidade de massa seca, teor de água, potencial de germinação e vigor. O conhecimento dessas características são primordiais para produção de sementes de alta qualidade.

2.3 Parâmetros tecnológicos do desenvolvimento de sementes

O desenvolvimento da semente se inicia a partir do óvulo fecundado, e seu futuro desempenho pode ser influenciado por processos fisiológicos durante o crescimento da planta, após a indução floral (MARCOS FILHO, 2005). A maturação das sementes é um processo constituído por um conjunto de alterações morfológicas, físicas, fisiológicas e bioquímicas que ocorrem até que as sementes se tornem independentes da planta-mãe, atingindo a maturidade fisiológica (DELOUCHE, 1971), que pode ser identificado pela planta completamente seca, espigas decumbentes e aristas abertas. Neste momento, a semente apresenta o potencial máximo de matéria seca e de qualidade fisiológica (EICHELBERGER, 2011).

As sementes possuem variações quanto ao tamanho e morfologia, sendo que, para todas elas, o processo de desenvolvimento pode ser dividido em quatro estágios: divisão e expansão celular (estágios I e II), deposição de reservas nos tecidos de armazenamento e aumento da massa de matéria seca (estágio III) e a diminuição da transferência de matéria seca (estágio IV) (BEWLEY; NONOGAKI, 2017). Durante essas fases, ocorrem diversas alterações que influenciam na formação das sementes e seu potencial produtivo.

O grau de umidade contido na semente varia durante o seu desenvolvimento. A transferência de matéria seca da planta para a semente deve ocorrer em meio líquido e, por conta

disso, o teor de água é de no mínimo 80% no início do processo (MARCOS FILHO, 2005). No decorrer da formação da semente ocorre sua desidratação até o final do período de maturação. Em trigo, a maturidade é atingida quando a semente está com aproximadamente 40% de umidade (CARVALHO; YANAI, 1976).

A desidratação faz com que a semente mude seu comportamento de formação para iniciar o processo germinativo (KERMODE, 1995). A porcentagem de sementes aptas a germinar aumenta durante a maturação, e atinge o nível máximo em época próxima à paralização do fluxo de matéria seca da planta para as sementes (MARCOS FILHO, 2005). Além disso, a proporção de sementes vigorosas também aumenta com o decorrer desse processo, até alcançar seu máximo potencial próximo ou coincidente ao máximo acúmulo de matéria seca (ASSIS; DALASTRA, 2019; MARCOS FILHO, 2005).

O tamanho da semente também é um fator que é alterado durante seu desenvolvimento. Inicialmente, devido as intensas divisões celulares e sua expansão, ocorre o aumento progressivo da semente, que atinge seu tamanho máximo na metade do período de acúmulo da matéria seca (MARCOS FILHO, 2005). Em sementes de trigo, são 40 dias após o florescimento para se obter seu tamanho máximo (CARVALHO; YANAI, 1976). Posteriormente, ocorre a redução do tamanho da semente em decorrência da desidratação gradativa até o final da maturação.

À medida que estudos a respeito da maturação foram publicados, o vigor das sementes passou a ter mais relevância (MARCOS FILHO, 2015). Todas essas características que compõe o processo de desenvolvimento das sementes são fundamentais na tecnologia de produção para a adequação do manejo e a obtenção de um insumo de qualidade.

2.4 Qualidade e beneficiamento de sementes de trigo

A semente é o principal veículo de propagação de tecnologia. Por conta disso, é essencial o uso de sementes com alta qualidade, composta pela soma de seus atributos físicos, fisiológicos, genéticos e sanitários (KRZYZANOWSKI; FRANÇA-NETO; HENNING, 2018; PESKE; VILLELA; MENEGUELLO, 2019). A escolha da semente ideal tem grande importância para a obtenção de altas produtividades e é indispensável para o sucesso da produção agrícola e segurança alimentar (PROTIĆ et al., 2019; STEINER et al., 2019).

A qualidade da semente está diretamente relacionada a altos rendimentos, pois proporciona maiores taxas de emergência e uniformidade de germinação e dá origem a mudas com alto vigor e

desempenho em campo (ROSA et al., 2017). Lotes de sementes que apresentam qualidade superior formam estandes de plantas com maiores taxas de crescimento do que aquelas com baixo vigor, que por sua vez, resultam em plântulas fracas e sem capacidade competitiva no campo (BAGATELI et al., 2019; TAVARES et al., 2013; KRZYZANOWSKI; FRANÇA-NETO; HENNING, 2018). Estas características, especialmente o vigor, estão também relacionadas com o tamanho da semente no processo de desenvolvimento da plântula (EICHELBERGER, 2016).

O tamanho de uma semente é um importante indicador físico de qualidade. Tamanhos distintos de sementes contém diferentes quantidades de amido e outras reservas de energia, fator que pode afetar a taxa de germinação, emergência, crescimento inicial das mudas e o desempenho da cultura no campo (ADEBISI et al., 2013; SHAHI et al., 2015). Em geral, sementes maiores são mais nutridas durante sua formação, com embriões bem formados e com mais reservas (BIANCHI et al., 2022). Além disso, sementes grandes apresentam maior taxa de sobrevivência de plântulas, maior crescimento e melhor desempenho no campo do que sementes pequenas (AMBIKA; MANONMANI; SOMASUNDARAM, 2014).

Pode-se afirmar que é indispensável a padronização de sementes a fim de se obter maior homogeneidade do lote e uniformidade no desenvolvimento da lavoura. Para isso, deve-se levar em consideração os cuidados obtidos durante o beneficiamento de sementes, uma vez que este processo é responsável pela qualidade final do lote (NERLING et al., 2014).

O beneficiamento de sementes consiste em um conjunto de operações que visa realçar as características de um lote de sementes a partir da limpeza, padronização e embalagem de forma adequada para o armazenamento e distribuição. O processo de beneficiamento deve ser realizado corretamente para que se mantenha a qualidade das sementes obtidas no campo (NERLING et al., 2014). Além disso, também é responsável por assegurar que os lotes estejam de acordo com os padrões mínimos para comercialização.

Em uma Unidade de Beneficiamento de Sementes – UBS, as etapas básicas do processo de beneficiamento são compostas pela recepção das sementes, pré-limpeza, secagem, limpeza, classificação, tratamento, envase dos lotes e armazenamento, até serem distribuídas para o mercado. Em cada uma dessas etapas são utilizadas uma ou mais máquinas que contribuem para a manutenção e o aprimoramento da qualidade do lote de sementes (CONRAD; RADKE; VILLELA, 2018). A escolha das máquinas utilizadas para cada fase irá depender da espécie beneficiada, quantidade de impurezas e o objetivo da empresa sementeira. No beneficiamento de sementes de

trigo, os equipamentos mais comuns utilizados, são as máquinas de ar e peneiras (MAP), separadores cilíndricos ou alveolados, mesa de gravidade e balança automática de embalagem (EICHELBERGER, 2011).

Uma das finalidades do beneficiamento é classificar a semente por tamanho (FRANÇA-NETO et al., 2016). A etapa de classificação é essencial, sendo que esse processo resulta em um insumo mais homogêneo, o que facilita e melhora a precisão da semeadura, uniformidade na emergência e o estabelecimento do estande, além de ser mais atrativo comercialmente (PESKE; LABBÉ, 2012). O cultivo de sementes homogêneas pode otimizar o uso dos recursos disponíveis para o manejo da lavoura. Já a heterogeneidade do tamanho das sementes pode causar uma diferença acentuada no crescimento e desenvolvimento das plantas (KASHKOOL, 2021).

A escolha do tamanho adequado de sementes proporciona maior rendimento e qualidade (KELER; MARTYNOVA, 2021). A utilização de peneiras para padronizar sementes de trigo permite separar lotes com características específicas de desempenho no campo (DEMARI et al., 2019). A escolha da peneira deve ser de acordo com a espessura e diâmetro das sementes, que pode variar conforme a cultivar, presença de impurezas e de outras sementes no lote (EICHELBERGER, 2011).

Na cultura do trigo, não há uma padronização de sementes estabelecida para a comercialização. Dentro de um mesmo lote e entre diferentes genótipos, a comprimento, largura e espessura variáveis (DEMARI et al., 2019). Essa variação pode proporcionar desuniformidade no estande inicial, o que pode causar heterogeneidade no vigor e tamanho das plântulas na lavoura (MISHRA et al., 2010), que competirão de forma diferente por recursos do ambiente, tais como luz, nutrientes e água. E essa variação de tamanho pode ser observada em lavouras de trigo, principalmente naquelas cultivadas com sementes altamente heterogêneas (KASHKOOL, 2021).

Assim como todo o sistema de produção, o beneficiamento de sementes deve estar atrelado a um bom programa de controle de qualidade, composto por um laboratório de análise de sementes, com equipamentos apropriados para a execução dos testes e operado por profissionais capacitados. A adoção de técnicas adequadas para a avaliação de sementes tem por objetivo o fornecimento de informações que auxiliam na tomada de decisão em cada etapa do processo de produção e superar limitações que podem afetar a qualidade do lote (FRANÇA NETO et al., 2015).

2.5 Testes que avaliam a qualidade de sementes em laboratório

A qualidade das sementes pode ser afetada em diversos momentos da cadeia produtiva, desde seu desenvolvimento no campo até nas etapas de pós-colheita. Por conta disso, avaliações do potencial fisiológico, por meio de testes de germinação e vigor, são fundamentais em programas de controle de qualidade na produção de sementes (SPONCHIADO; SOUZA; COELHO, 2014). Essas análises devem ser eficientes e fornecerem resultados de forma rápida, precisa e objetiva (FESSEL et al., 2010; MINUZZI et al., 2010), além de possibilitar a caracterização de lotes para a comercialização do insumo.

A classificação de lotes em diferentes níveis de vigor permite o direcionamento do mesmo para regiões mais adequadas, onde podem apresentar maior desempenho de produção (AMARO et al., 2015). O vigor de uma semente consiste em um conjunto de propriedades que determinam seu potencial de germinação, emergência e o desenvolvimento de plântulas normais sob diferentes condições ambientais (MARCOS FILHO, 2015). Sementes com alto vigor apresentam maior capacidade de resistência às condições adversas do ambiente e resultam no crescimento rápido e uniforme de plântulas (BAZZO et al., 2021).

Dentro dos programas de controle de qualidade, as informações geradas nos laboratórios de análise de sementes, devem detectar com precisão as diferenças entre os lotes testados, por meio de testes fisiológicos (MARCOS FILHO, 2015). As condições proporcionadas nos testes que avaliam a qualidade de sementes em laboratório, como no teste de germinação padrão, são as ideais para a espécie. No entanto, ao contrário do que ocorre em laboratório, as sementes estão sujeitas a diversas condições adversas que podem limitar a emergência das plântulas (EICHELBERGER, 2011). A fase inicial do desenvolvimento e estabelecimento da cultura no campo é quando ocorre a maior susceptibilidade a fatores ambientais adversos, como deficiência hídrica e ataque de pragas e patógenos (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). Tendo isso em vista, outras metodologias são utilizadas para estimar o desempenho das sementes em condições menos favoráveis (MARCOS FILHO, 2015).

Existem diversas técnicas que avaliam o vigor das sementes, de forma direta ou indireta, nas quais se observa a viabilidade, processo germinativo e desenvolvimento da plântula. Esses testes podem avaliar o estado metabólico das sementes, como condutividade elétrica, tetrazólio e testes que avaliam o crescimento de plântulas, ou identificar tolerâncias ao estresse, sendo os mais comuns o envelhecimento acelerado, teste de frio e deterioração controlada (MARCOS FILHO,

2015). Cada teste de vigor possui uma metodologia descrita, alguns já bem estabelecidos, com elevado grau de padronização e repetibilidade, e outros ainda em desenvolvimento e ajustes por parte da pesquisa (EICHELBERGER, 2011).

A escolha dos testes ideais irá depender do objetivo que se busca na análise. Para a caracterização adequada de lotes, as informações fornecidas sobre o vigor das sementes devem ser baseadas na interpretação dos resultados de um conjunto de testes no qual os princípios possam estar intimamente relacionados aos objetivos desejados (MARCOS FILHO, 2015). Visto isso, é importante ressaltar que o desenvolvimento de estudos para a adequação de metodologias que forneçam resultados precisos é indispensável no controle de qualidade, uma vez que o vigor das sementes tem influência direta na capacidade de armazenamento e estabelecimento de plântulas em campo (MARCOS FILHO, 2015).

REFERÊNCIAS

- ABATI, J. et al. Seedling emergence and yield performance of wheat cultivars depending on seed vigor and sowing density. **Journal of Seed Science**, v. 39, n. 1, p. 58–65, 2017.
- ABITRIGO - Associação Brasileira da Indústria do Trigo (2022). **Importação de Trigo – 2022**. Disponível em: < <https://www.abitrigo.com.br/estatisticas/> >. Acesso em: 15 jan. 2023.
- ABRASEM – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE SEMENTES. Estatísticas: produção de sementes de soja no Brasil em 2020. **ABRASEM indicadores**, 2022. Disponível em <<http://www.abrasem.com.br/estatisticas/#>>. Acesso em: 06 dez. 2022.
- ADEBISI, M. A. et al. Influence of different seed size fractions on seed germination, seedling emergence and seed yield characters in tropical soybean (*Glycine max* L. merrill). **International Journal of Agricultural Research**, v. 8, n. 1, p. 26–33, 2013.
- AMARO, H. T. et al. Testes de vigor para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de feijoeiro.. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 38, n. 3, p. 383–389, 2015.
- AMBIKA, S.; MANONMANI, V.; SOMASUNDARAM, G. Review on Effect of Seed Size on Seedling Vigour and Seed Yield. **Research Journal of Seed Science**, p. 31–38, 2014.
- ASSIS, A. A. de; DALASTRA, I. M. Teste de condutividade elétrica para determinação de vigor de sementes de trigo. **Revista Cultivando o Saber**, v. 12, n. 4, p. 40-48, 2019.
- BAGATELI, J. R. et al. Productive performance of soybean plants originated from seed lots with increasing vigor levels. **Journal of Seed Science**, v. 41, n. 2, p. 151–159, 2019.
- BAZZO, J. H. B. et al. Vigor de sementes e adubação nitrogenada na produtividade e qualidade fisiológica de sementes de trigo. **Revista Cultura Agronômica**, v. 30, n. 1, p. 39–50, 2021.
- BEWLEY, J. D.; NONOGAKI, H. Seed Maturation and Germination. **Reference Module in Life Sciences**, n. June 2016, p. 1–9, 2017.
- BIANCHI, M. C. et al. Soybean seed size: how does it affect crop development and physiological seed quality? **Journal of Seed Science**, v. 44, 2022.
- BORÉM, A.; SCHEEREN, P. L. **Trigo do plantio à colheita**. Viçosa, UFV, 260 p., 2015.
- CAIERÃO, E. et al. Origem, Evolução e Melhoramento Genético. In: MORI, C. DE et al. (Eds.). **Trigo: O produtor pergunta e a Embrapa Responde**. 1. ed. Brasília - DF: EMBRAPA, 2016. p. 15–30.
- CARDOSO, C. P. et al. Effect of seed vigor and sowing densities on the yield and physiological potential of wheat seeds. **Journal of Seed Science**, v. 43, 2021.

CARVALHO, N. M.; YANAI, K. Maturação de sementes de trigo. **Científica**, Jaboticabal, v. 4, n. 1, p. 33-38, 1976.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento (2017). **A cultura do trigo**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/uploads/arquivos/17_04_25_11_40_00_a_cultura_do_trigo_versao_digital_final.pdf>. Acesso em: 06 dez. 2022.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento (2023). **Portal de Informações Agropecuárias**. Disponível em <<https://portaldeinformacoes.conab.gov.br/produtos-360.html>>. Acesso em: 31 jan. 2023.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento (2022). **Análise Mensal Trigo**. Disponível em <https://www.conab.gov.br/info-agro/analises-do-mercado-agropecuario-e-extrativista/analises-do-mercado/historico-mensal-de-trigo/item/download/45239_43ad9147226fcce48adeb9a513134faa>. Acesso em: 06 dez. 2022.

CONRAD, V. A. D.; RADKE, A. K.; VILLELA, F. A. Atributos físicos e fisiológicos em sementes de soja no beneficiamento. **Magistra**, v. 29, n. 2, p. 56–63, 2018.

DELOUCHE, J. C., Seed maturation. In: **Handbook of seed technology**. Mississippi State University, State College, Mississippi. P. 17-21, 1971.

DEMARI, G. H. et al. Seed Size and Its Influence on Growth-Related Agronomic Characters of Wheat Plants. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n. 12, p. 29, 2019.

EICHELBERGER, L. Produção de sementes. In: MORI, C. DE et al. (Eds.). **Trigo: O produtor pergunta e a Embrapa Responde**. 1. ed. Brasília - DF: EMBRAPA, p. 247-261, 2016.

EICHELBERGER, L. Produção de sementes de trigo. In: PIRES, J. L. F.; VARGAS, L.; CUNHA, G. R. (ed.). **Trigo no Brasil: bases para produção competitiva e sustentável**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, cap. 14, p. 349–369, 2011.

FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Cereal Supply and Demand Brief**. Disponível em: <<http://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/en/>>. Acesso em: 31 jan. 2023.

FESSEL, S. A. et al. Teste de condutividade elétrica em sementes de soja armazenadas sob diferentes temperaturas. **Bragantia**, São Paulo, v. 69, n. 1, p. 207-214, 2010.

FINCH-SAVAGE, W. E.; BASSEL, G. W. Seed vigour and crop establishment: Extending performance beyond adaptation. **Journal of Experimental Botany**, v. 67, n. 3, p. 567–591, 2016.

FRANÇA NETO, J. de B.; KRZYŻANOWSKI, F. C.; HENNING, A. A.; PADUA, G. P.; LORINI, I.; HENNING, F. A. Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade. **Londrina: Embrapa Soja**, 2016. 82p. (Embrapa Soja. Documentos, 380).

JÚNIOR, S. G. de O. et al. Aplicação foliar de silício em plantas de trigo associado a qualidade

fisiológica de sementes. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 8, p. 9–16, 2018.

KASHKOOL, H. R. Effect of seed size and cultivation method in the growth and yield of wheat (*Triticum aestivum*). **Plant Archives**, v. 21, p. 1262–1265, 2021.

KELER, V. V.; MARTYNOVA, O. V. Seed qualities variation of spring wheat grain depending on its alignment. **Earth and Environmental Science**, v. 659, n. 1, 2021.

KERMODE, A. R. Regulatory mechanisms in the transition from seed development to germination: interactions between the embryo and the seed environment. In: KIGEL, J.; GALILI, G. **Seed Development and Germination**. New York: Marcel Dekker, Inc., 1995. p. 273-332.

KOCH, F. et al. Performance of wheat varieties grown from seeds with different vigor levels. **Revista Ceres**, v. 69, n. 1, p. 113–120, 2022.

KRZYZANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. B.; HENNING, A. A. A alta qualidade da semente de soja: fator importante para a produção da cultura. **Londrina**: Embrapa Soja, 24 p. (Circular técnica, n. 136), 2018.

LAMAS, F. M. **Produzir trigo no Brasil, mais que uma opção, uma necessidade**. EMBRAPA Agropecuária Oeste, 08 jun. 2018. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/34949879/artigo---produzir-trigo-no-brasil-mais-que-uma-opcao-uma-necessidade>>. Acesso em: 05 jan. 2023.

MARCOS FILHO, J. Seed vigor testing: An overview of the past, present and future perspective. **Scientia Agricola**, v. 72, n. 4, p. 363–374, 2015.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: Fealq, 2005. 495 p.

MINUZZI, A. et al. Qualidade de sementes de quatro cultivares de soja, colhidas em dois locais no estado de Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 176-185, 2010.

MISHRA, A. et al. Tree growth, biomass and productivity of wheat under five promising clones of populus deltoides in agrisilviculture system. **International Journal of Ecology and Environmental Sciences**, v. 36, n. 2–3, p. 167–174, 2010.

NERLING, D. et al. Qualidade física e fisiológica de sementes de milho durante o beneficiamento. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 13, n. 3, p. 238-246, 2014.

PESKE, S.T.; LABBÉ, L.M.B. Beneficiamento de sementes. In: PESKE, S.T.; VILLELA, F.A.; MENEGHELLO, G.E. (Eds.) **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. Pelotas: Editora Universitária UFPel, 2012. p. 424-480.

PESKE, S. T.; VILLELA, F. A.; MENEGUELLO, G. E. **Sementes: Fundamentos Científicos e Tecnológicos**. 4. ed., Pelotas, UFPel. 415 p., 2019.

POPINIGIS, F. **Fisiologia da semente**. 2.ed. Brasília: AGIPLAN, 1985. 289p.

PROTIĆ, R. et al. Grain yield and some yield components in various wheat genotypes with different seed sizes. **Azarian Journal of Agriculture**, v. 6, n. 2, p. 37–45, 2019.

ROSA, D. P. et al. Genetic diversity in soybean seed quality under different storage conditions. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 38, n. 1, p. 57–72, 2017.

SHAHI, C. et al. How Seed Size and Water Stress Effect the Seed Germination and Seedling Growth in Wheat Varieties? **Current Agriculture Research Journal**, v. 3, n. 1, p. 60–68, 2015.

SHEWRY, P. R. et al. Natural variation in grain composition of wheat and related cereals. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.61, n.35, p.v8295-8303, 2013.

SPONCHIADO, J. C.; SOUZA, C. A.; COELHO, C. M. M. Teste de condutividade elétrica para determinação do potencial fisiológico de sementes de aveia branca. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 4, p. 2405–2414, 2014.

STEINER, F. et al. Does seed size affect the germination rate and seedling growth of peanut under salinity and water stress? **Pesquisa Agropecuaria Tropical**, v. 49, p. 1–9, 2019.

TAVARES, L. C. et al. Desempenho de sementes de soja sob deficiência hídrica: Rendimento e qualidade fisiológica da geração F1. **Ciência Rural**, v. 43, n. 8, p. 1357–1363, 2013.

USDA. Wheat Outlook: October 2022. **Economic Research Service**, oct. 14, 2022. Disponível em: <<https://www.ers.usda.gov/webdocs/outlooks/104961/whs-22j.pdf?v=6014>>. Acesso em: 06 dez. 2022.

CAPÍTULO 2
O TAMANHO DA SEMENTE INFLUENCIA NA QUALIDADE FISIOLÓGICA DA
CULTURA DO TRIGO?

TAMANHO DA SEMENTE INFLUENCIA NA QUALIDADE FISIOLÓGICA DA CULTURA DO TRIGO?

RESUMO

A qualidade da semente é um dos fatores fundamentais para se obter lavouras com alta produtividade e o tamanho da semente é um atributo físico que pode contribuir para homogeneização de lotes e maior uniformidade no desenvolvimento do estande. O objetivo no presente trabalho foi avaliar a influência do tamanho das sementes na qualidade fisiológica, em diferentes cultivares de trigo. Foi realizada a classificação das sementes de 11 cultivares de trigo em três tamanhos distintos, denominados pequeno, médio e grande. Fez-se a caracterização inicial dos tratamentos por meio do teste de umidade, peso de mil sementes e teste de sanidade. A análise de qualidade fisiológica consistiu no teste de primeira contagem, germinação, emergência, índice de velocidade de emergência, envelhecimento acelerado, condutividade elétrica, massa seca de parte aérea e parte radicular e comprimento de plântulas (parte aérea, parte radicular, comprimento total e razão parte aérea/radicular). Houve variação na resposta dos tratamentos nos diferentes testes de vigor. A cultivar C3 apresentou o pior desempenho e evidenciou diferenças no vigor entre os tamanhos para a maioria dos testes. O peso de massa seca de parte aérea e raiz foi superior em plântulas oriundas de sementes grandes para todas as cultivares. Sementes de tamanho grande tiveram maior relação com os testes de massa seca e comprimento de plântulas, enquanto sementes médias tiveram maior relação com teste de germinação, primeira contagem, emergência, índice de velocidade de emergência. Conclui-se que a qualidade fisiológica de sementes de trigo é afetada pelo tamanho, o tamanho da semente de trigo tem influência sobre a massa seca de raiz e parte aérea, e as sementes de mesmo tamanho respondem de maneira semelhante aos testes fisiológicos.

Palavras-chave: Classificação. Qualidade física. *Triticum aestivum*. Vigor.

DOES SEED SIZE INFLUENCE THE PHYSIOLOGICAL QUALITY OF WHEAT CROPS?

ABSTRACT

Seed quality is one of the key factors to obtain crops with high productivity and seed size is a physical attribute that can contribute to batch homogenization and greater uniformity in the development of the stand. The aim of this study was to evaluate the influence of seed size on physiological quality in different wheat cultivars. Seeds of 11 wheat cultivars were classified into three different sizes, called small, medium, and large. The initial characterization of the treatments was carried out through the moisture test, weight of a thousand seeds and health test. The physiological quality analysis consisted of the test of first count, germination, emergence, emergence speed index, accelerated aging, electrical conductivity, dry mass of shoot and root part and seedling length (shoot part, root part, total length, and shoot/root ratio). There was variation in the response of treatments in different vigor tests. Cultivar C3 had the worst performance and showed differences in vigor between sizes for most tests. The dry mass weight of shoots and roots was higher in seedlings from large seeds for all cultivars. Large-sized seeds had a greater relationship with the dry mass and seedling length tests, while medium-sized seeds had a greater relationship with the germination test, first count, emergence, emergence speed index. It was concluded that the physiological quality of wheat seeds is affected by the size, wheat seed size has an influence on root and shoot dry mass, and seeds of the same size respond similarly to physiological tests.

Keywords: Classification. Physical quality. *Triticum aestivum*. Vigor.

1 INTRODUÇÃO

O trigo é o segundo cereal mais produzido do mundo (FAO, 2023). Seu grão é utilizado principalmente para consumo humano, mas também está presente na alimentação animal e na indústria química. O grande desafio da triticultura no Brasil é alcançar a autossuficiência no abastecimento do cereal (COMPONOGARA et al., 2015). A área potencial para a produção de trigo no Brasil pode alcançar mais de 5 milhões de hectares, o que contribui para suprir a demanda e maior sustentabilidade no sistema de produção (DE MORI, 2015). Uma vez que cultivado na segunda safra, o trigo pode fornecer matéria verde para a cultura subsequente, evita exposição do solo e auxilia no controle de pragas e doenças (LAMAS, 2018).

A produtividade de uma cultura é determinada pela interação entre a planta, o ambiente de crescimento e as práticas de manejo adotadas (BIANCHI et al., 2022). Um dos fatores fundamentais que favorecem o estabelecimento da cultura no aumento da produtividade é a utilização de sementes com alta qualidade, caracterizadas por apresentarem pureza física, genética, sanitária e fisiológica (CONAB, 2017; PROTIC et al., 2019). Sementes vigorosas favorecem o estabelecimento do estande e o melhor desempenho das plantas de trigo nos estádios fenológicos iniciais (MARINHO et al., 2021).

Dentre os atributos, a qualidade física da semente é caracterizada pelo grau de umidade, tamanho, cor, densidade, aparência, danos mecânicos e danos causados por insetos e infecções por doenças (POPINIGIS, 1985). A obtenção da pureza física de um lote faz parte dos processos dentro da unidade de beneficiamento de sementes, onde são retirados materiais inertes, outras sementes e é realizada a classificação do lote pelo tamanho e densidade. A classificação de sementes é uma importante etapa realizada na pós-colheita. A padronização de lotes a partir do seu tamanho oferece diversos benefícios, como maior precisão na operação de semeadura, uniformidade na emergência de plântulas e a obtenção de uma população desejada na lavoura (BIANCHI et al., 2022). Esses fatores contribuem para a obtenção dos padrões de mercado exigidos de qualidade do insumo.

O tamanho da semente é um importante indicador físico de qualidade. Esta característica pode influenciar no comportamento fisiológico, como no potencial de emergência, desenvolvimento da plântula e o estabelecimento da cultura no campo (ADEBISI et al. 2013). Diversos estudos mostram a influência que o tamanho da semente tem sobre o potencial fisiológico do lote (MUT; AKAY, 2010; SHAHI et al., 2015; SOARES et al., 2015). Autores evidenciaram que sementes de maior tamanho apresentaram maior qualidade fisiológica em soja (BIANCHI et

al., 2022), melhor estabelecimento do estande de salsa em campo (BARROS et al., 2021), e forneceram maior acúmulo de matéria seca e plântulas mais vigorosas de amendoim (STEINER et al., 2019).

Sementes de trigo apresentam diferenças de tamanho de acordo com sua posição na inflorescência (KELER; MARTYNOVA, 2021). A utilização de peneiras para a padronização de sementes de trigo permite separar lotes com características específicas de desempenho no campo. No entanto, não são classificadas por tamanho no processo de beneficiamento, e com isso, um mesmo lote pode apresentar sementes com variações no comprimento, largura e espessura (DEMARI et al., 2019; KELER; MARTYNOVA, 2021).

A adoção desta técnica no processo de beneficiamento pode ser uma estratégia interessante, para a comercialização de sementes de trigo com maior homogeneidade e oferecer ao mercado um insumo com maior garantia de qualidade e valor agregado. Tendo isso em vista, o objetivo no presente trabalho foi avaliar, para diferentes cultivares de trigo, a influência do tamanho das sementes na qualidade fisiológica.

2 MATERIAL E MÉTODOS

As sementes de trigo foram fornecidas pela empresa Biotrigo Genética, provenientes de campos de produção localizados na região sul do Brasil, na safra 2021/21. As sementes foram armazenadas em câmara fria até a execução das análises.

Os testes foram realizados no Laboratório de Análise de Sementes (LAS), no Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras. Ao todo, 11 cultivares de trigo foram avaliadas. As sementes, com a utilização de um jogo peneiras de crivo oblongo, foram separadas em três tamanhos: pequenas (P), médias (M) e grandes (G). Para cada material, os tamanhos foram determinados de acordo com as três maiores proporções obtidas nas peneiras (Tabela 1).

Tabela 1. Tamanho das sementes pequenas, médias e grandes para cada tratamento.

Cultivares	Tamanho (cm)		
	Pequeno	Médio	Grande
C1	< 2,50	< 2,50 – 2,75>	> 2,75
C2	< 2,25	< 2,25 – 2,50 >	> 2,50
C3	< 2,25	< 2,25 – 2,50 >	> 2,50
C4	< 2,50	< 2,50 – 2,75 >	> 2,75
C5	< 2,50	< 2,50 – 2,75 >	> 2,75
C6	< 2,50	< 2,50 - 2,75 >	> 2,75
C7	< 2,50	< 2,50 - 2,75 >	> 2,75
C8	< 2,50	< 2,50 - 2,75 >	> 2,75
C9	< 2,25	< 2,25 – 2,50 >	> 2,50
C10	< 2,25	< 2,25 – 2,50 >	> 2,50
C11	< 2,25	< 2,25 – 2,50 >	> 2,50

Inicialmente, foram realizados testes de sanidade, peso de mil sementes e teor de água para a caracterização dos materiais. Após analisar esses parâmetros, foram executadas as análises de qualidade fisiológica de acordo com o cronograma de execução na Figura 1.

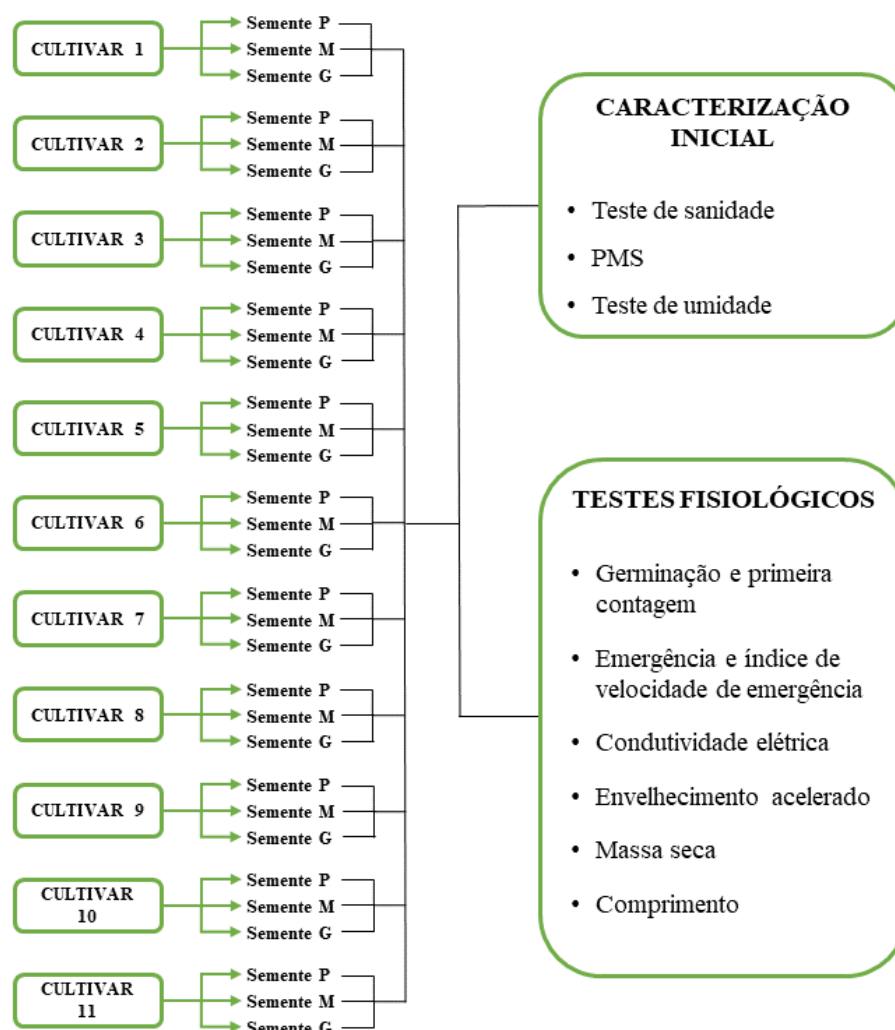


Figura 1. Esquema da metodologia e análises realizadas no trabalho.

Na caracterização da qualidade das sementes dos diferentes tratamentos, os seguintes testes foram realizados em laboratório:

Para o *teste de sanidade de sementes (TSS)* foi realizado o método de incubação por substrato de papel “blotter test”, com a utilização de placas de petri de 15 cm de diâmetro contendo em cada, três papéis filtro umedecidos com água destilada. Foram avaliadas amostras de 200 sementes por cultivar, divididas em quatro repetições com 50 sementes por placa, dispostas à 1-2 cm de distância entre si.

Com as placas montadas, estas foram inicialmente mantidas em temperatura ambiente por 24 horas, e posteriormente submetidas ao congelamento à -20 °C por 24 horas, e, após esse período, levadas para câmara BOD à 25 °C por cinco dias. Ao final do tempo determinado de incubação, as

placas foram avaliadas em lupas e, quando necessário, em microscópio, para a identificação de fungos patogênicos de acordo com o Manual de Análise Sanitária de Sementes (BRASIL, 2009a). Após a análise, foi calculada a porcentagem de incidência de cada fungo nas amostras.

Na avaliação do *peso de mil sementes (PMS)*, para cada tratamento, foram utilizadas oito repetições contendo 100 sementes, que tiveram seus pesos aferidos com uma balança analítica. O PMS foi calculado a partir do valor médio do peso das subamostras multiplicado por 10.

Para o *teste de umidade (U%)*, as amostras de sementes dos tratamentos foram dispostas em latas de alumínio esterilizadas e pesadas em balança para a determinação do seu peso úmido. Posteriormente, foram levadas em estufa à 105 °C por 24 horas. Após esse período, as latas foram pesadas novamente e feito o cálculo para a determinação de acordo com as prescrições das Regras para Análises de Sementes (BRASIL, 2009b).

Para o *teste de germinação (G%)*, cada tratamento teve quatro repetições com 50 sementes, montadas em rolos de papel germitest umedecidas com água destilada. O volume de água (ml) utilizado foi referente à 2,5 vezes o peso do papel (g) (BRASIL, 2009b). Os rolos foram mantidos em germinadores previamente esterilizados e configurados em temperatura 20 ± 2 °C e fotoperíodo de 6h de luz e 18h de escuro de acordo com as prescrições das Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009b). A avaliação ocorreu no oitavo dia após a semeadura, determinando-se a porcentagem de plântulas normais. Após a determinação das porcentagens de germinação dos tratamentos, foi avaliado o nível de tolerância, a fim de verificar se as variações dos valores obtidos nas repetições estavam dentro do permitido (BRASIL, 2009b). Os resultados foram expressos em porcentagem.

A *Primeira Contagem de Germinação (PC%)* foi realizada utilizando-se a mesma metodologia descrita anteriormente para o teste de germinação, sendo, no entanto, contabilizada a porcentagem de plântulas normais aos quatro dias após a semeadura (BRASIL, 2009b).

O *teste de emergência (EM%)* foi realizado em bandejas de polietileno, preenchidas com a mistura terra e areia, na proporção de 2:1. Os tratamentos foram semeados e regados com a quantidade de água determinada a partir do cálculo da capacidade de campo. As bandejas foram distribuídas em câmara de crescimento, em temperatura de 25 ± 2 °C e fotoperíodo de 12 horas. A avaliação ocorreu no quarto dia após a semeadura, determinando-se a porcentagem de plântulas emergidas.

O *Índice de Velocidade de Emergência (IVE)* foi realizado com a contagem diária de plântulas emergidas no teste de emergência até o 13º dia de avaliação. O IVE foi calculado a partir da fórmula proposta por Maguire (1962).

Na avaliação do *Teste de envelhecimento acelerado (EA%)*, os tratamentos foram dispostos uniformemente em caixas de acrílico do tipo gerbox, possuindo em seu interior uma bandeja de tela de alumínio, onde as sementes foram distribuídas de maneira a formarem camada simples sobre a superfície da tela. No interior de cada caixa foram adicionados 40 mL de água. As caixas, tampadas, foram mantidas em câmaras de germinação do tipo BOD por um período de envelhecimento de 48 horas a 43 °C (LIMA; MEDINA; FANAN, 2005; OHLSON et al., 2010). Após esse tempo, as sementes foram colocadas para germinar conforme metodologia descrita para o teste de germinação. A avaliação foi realizada aos quatro dias após a semeadura, computando-se o número de plântulas normais.

No *Teste de condutividade elétrica (CE $\mu\text{mos.cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$)*, para cada tratamento, utilizaram-se três repetições com 50 sementes fisicamente puras que foram pesadas em balança de precisão de duas casas decimais (0,01g) e submetidas a embebição em copos plásticos com 75 ml de água deionizada e mantidas em câmara tipo BOD, por um período de 24 horas e temperatura de 25 °C (VIEIRA; MARCOS FILHO, 2020). Posteriormente, fez-se a leitura da condutividade elétrica com um condutivímetro (DIGIMED) previamente calibrado. Também foi realizada a leitura da prova em branco (somente água deionizada), sendo que para a obtenção do valor da condutividade elétrica da solução contendo as sementes, foi subtraído o valor de condutividade da leitura da água deionizada, dividindo-se o valor obtido pelo peso das amostras. Os resultados foram expressos em $\mu\text{S.cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$.

Na avaliação da *Massa Seca de Raiz (MSR g)* e *Parte aérea (MSPA g)* foram utilizadas as plântulas avaliadas na análise de imagens. Com um bisturi, fez-se a separação da parte aérea das raízes. Posteriormente, as estruturas armazenadas em sacos de papel, que permaneceram em estufa de circulação forçada de ar à 65 °C até atingir o peso constante. Após esse período, pesou-se novamente para a determinação do peso de matéria seca das estruturas.

Na análise de imagem para mensuração das características das plântulas, as sementes foram dispostas em rolo de papel germitest umedecido com água destilada, na quantidade de 2,5 vezes o peso do papel. Os rolos foram mantidos em germinador à 20 °C por quatro dias, conforme descrito em Brasil (2009). Após o tempo determinado, selecionou-se 20 plântulas ao acaso para a medição.

Para a captura das imagens foi utilizado o sistema GroundEye®, versão S120. As plântulas foram inseridas na bandeja do módulo de captação para a obtenção de imagens de alta resolução. Na configuração da análise para a calibração da cor de fundo foi escolhido o modelo HSV, calibração de brilho de 0 a 1,00, matiz; 95,1 a 317,2 e saturação; 0,459 a 1,00. O fundo de preenchimento não selecionado, tamanho mínimo de descarte do objeto de 0,008 cm² e dilatação - 0,006 cm. Depois da calibração da cor do fundo foi realizada a análise das imagens e foram extraídos valores médios das características das plântulas como o *Comprimento da raiz (CR)*, *Comprimento da parte aérea (CPA)*, *Comprimento total de plântula (CT)* e a relação *Parte aérea/raiz (CPA/CR)*. Os resultados foram expressos em cm.

Para as análises fisiológicas, o delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado (DIC), em arranjo fatorial 11 x 3 (11 cultivares e 3 tamanhos de semente), com duas repetições de 50 sementes para o teste de sanidade, quatro repetições de 50 sementes nos testes de umidade, primeira contagem, germinação, emergência, índice de velocidade de emergência e envelhecimento acelerado, quatro repetições com 20 sementes para os testes de massa seca e comprimento de plântula, três repetições com 50 sementes para o teste de condutividade elétrica, e oito repetições com 100 sementes para o peso de mil sementes.

Os dados obtidos nas análises foram submetidos a análise de variância, com a utilização do software Sisvar®, versão 5.8 (FERREIRA, 2000). As médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Com a utilização do software R, versão 4.0.5, foi realizada uma rede de correlações bidimensional e a análise de componentes principais (PCA). A rede de correlações foi utilizada para expressar a relação entre os testes fisiológicos realizados neste trabalho para cada tamanho de semente. A proximidade entre as características foi proporcional ao valor absoluto da correlação entre esses nós. As correlações positivas foram apresentadas em azul, enquanto as correlações negativas foram apresentadas em vermelho. A análise de componentes principais (PCA) foi usada para classificar os tratamentos e identificar quais testes fisiológicos que mais contribuem para a variação dos dados.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interação entre cultivares e tamanho de semente foi significativa para todos os testes fisiológicos, com exceção da avaliação de razão de comprimento da parte aérea sobre a raiz (CPA/CR).

O teor de água das sementes variou de 11,04% e 13,14%, intervalo ideal para o armazenamento de trigo em câmara fria. Essa variação não causou interferência no resultado das análises realizadas. Para a validação de testes fisiológicos em sementes, é fundamental a uniformidade no valor do teor de água (BISOGNIN et al., 2016).

De acordo com o teste de sanidade de sementes, o fungo *Alternaria alternata*, foi o que apresentou maior incidência na maioria das cultivares (Tabela 2). A condição sanitária das sementes pode refletir nas características de vigor e germinação (HENNING, 2005). Para trigo, as principais espécies patogênicas de sementes são *Bipolaris sorokiniana*, *Drechslera tritici-repentis*, *Fusarium graminearum* e *Pyricularia grisea*, encontradas nas sementes, porém em menores proporções (BRASIL, 2009a).

Tabela 2. Média de incidência de fungo em cultivares de trigo (%).

FUNGO	CULTIVAR										
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11
<i>Bipolaris sorokiniana</i>	1,0	0,0	2,0	3,0	1,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,5	1,0
<i>Drechslera tritici-repentis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,5	0,0	0,0	0,5
<i>Fusarium graminearum</i>	1,5	0,0	0,0	0,5	2,0	1,0	1,5	0,5	2,0	0,0	0,5
<i>Pyricularia grisea</i>	0,5	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0
<i>Alternaria alternata</i>	33,5	38,5	6,0	57,0	23,0	0,0	23,5	28,0	19,0	22,5	22,5
<i>Cladosporium</i> sp.	0,5	0,5	1,5	1,0	1,5	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>Nigrospora</i> sp.	1,0	1,0	0,0	2,0	5,0	0,0	0,5	1,5	0,5	0,0	0,0
<i>Aspergillus</i> sp.	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,5

Houve diferença significativa para o peso de mil sementes (PMS) entre as cultivares e os tamanhos (Tabela 3). Para todas as cultivares, as sementes grandes apresentaram PMS superior, seguido pelas sementes médias, e sementes de menor tamanho apresentaram menor peso. As cultivares C1 e C8 tiveram maior peso de sementes grandes, em comparação às demais. Já para as sementes de tamanho médio, a cultivar C8 que apresentou peso superior. A cultivar C11 obteve o menor valor tanto para sementes grandes como para médias. As cultivares C1, C4, C5, C6, C7 e

C8 foram as que mostraram valores superiores de PMS em sementes pequenas, e C9, C10 e C11, os menores pesos.

Tabela 3 – Peso de mil sementes (PMS) de cultivares de trigo classificados em tamanhos pequeno (P), médio (M) e grande (G), expresso em gramas.

TAMANHO	CULTIVAR										
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11
P	29,4 cA	23,2 cB	23,7 cB	28,6 cA	28,9 cA	28,9 cA	29,1 cA	28,9 cA	21,2 cC	21,6 cC	21,1 cC
M	40,1 bB	31,9 bE	32,3 bE	37,6 bC	39,6 bB	36,7 bD	39,6 bB	41,0 bA	30,1 bF	29,8 bF	28,2 bG
G	47,5 aA	39,1 aF	30,1 a	43,0 aD	45,6 aC	42,8 aD	46,5 aB	47,4 aA	39,7 aE	36,3 aG	35,3 aH
CV (%)	1,68										

Médias seguidas de letras minúsculas na coluna e maiúsculas diferentes na linha se diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$), $n = 8 \pm dp$.

Variações no tamanho das sementes produzem valores distintos de PMS e área coberta pelas sementes em campo (SOARES et al., 2019). Um lote de sementes pode ter um elevado valor de PMS, entretanto, quando não é realizada a classificação por tamanho, consiste em sementes heterogêneas com diferentes qualidades de semeadura e rendimento (KELER; MARTYNOVA, 2021).

No teste de primeira contagem (Tabela 4), as cultivares C3, C7 e C10 apresentaram diferenças no vigor quando da comparação entre os tamanhos das sementes. Sementes pequenas obtiveram as menores porcentagens em C3 e C10, enquanto na cultivar C7, o menor desempenho foi observado em sementes maiores. Independentemente do tamanho das sementes, a cultivar C3 foi a que apresentou as menores porcentagens de plântulas normais, em relação as demais, com 52% em sementes pequenas, 68% em sementes médias e 74% em sementes grandes.

A primeira contagem é um teste de vigor que está relacionado com a velocidade de germinação (BARROS et al., 2021). Desta forma, é possível avaliar o desempenho inicial e uniformidade de lotes de sementes, podendo justificar a classificação por tamanho quando é observada diferença significativa.

Tabela 4 – Médias de plântulas normais obtidas nos testes de Primeira Contagem (PC%) e Germinação (G%) de sementes de trigo classificadas nos tamanhos pequeno (P), médio (M) e grande (G).

PRIMEIRA CONTAGEM (%)											
TAMANHO	CULTIVAR										
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11
P	93,5 aA	94,5 aA	52,0 bC	99,5 aA	89,5 aB	94,5 aA	90,5 aB	94,0 aA	92,0 aB	86,5 bB	94,0 aA
M	96,5 aA	97,5 aA	68,0 aB	94,0 aA	92,5 aA	89,0 aA	92,5 aA	94,5 aA	96,0 aA	93,5 aA	97,0 aA
G	97,0 aA	96,5 aA	74,0 aC	95,0 aA	93,0 aA	87,5 aB	82,0 bB	97,5 aA	96,0 aA	94,0 aA	97,5 aA
CV (%)	4,62										
GERMINAÇÃO (%)											
TAMANHO	CULTIVAR										
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11
P	100 aA	97,0 aB	66,0 cC	100 aA	94,0 aB	96,0 aB	95,0 aB	97,0 aB	94,5 aB	96,0 aB	99,5 aA
M	98,5 aA	98,0 aA	76,5 bC	96,5 aA	94,5 aB	92,5 aB	94,5 aB	98,5 aA	97,0 aA	99,5 aA	98,5 aA
G	98,0 aA	99,0 aA	84,5 aB	95,5 aA	97,5 aA	93,5 aA	87,0 bB	99,0 aA	97,5 aA	98,5 aA	98,0 aA
CV (%)	2,95										

Médias seguidas de letras minúsculas na coluna e maiúsculas diferentes na linha se diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$), $n = 4 \pm dp$.

Houve diferença significativa na porcentagem de germinação entre as cultivares, em que a cultivar C3 obteve o menor desempenho, tanto para sementes pequenas como para médias (Tabela 4). Para sementes grandes, as cultivares C3 e C7 foram que apresentaram as menores porcentagens de germinação, em comparação as demais. A germinação de uma semente enfatiza diretamente todo o ciclo de vida de uma planta (MONDAL; BOSE, 2018), e o teste de germinação é um parâmetro importante da qualidade fisiológica das sementes sob condições ótimas de ambiente (BRASIL, 2009b).

A respeito do tamanho das sementes, apenas as cultivares C3 e C7 apresentaram diferenças significativas, no qual a menor porcentagem de germinação na cultivar C3 foi em sementes de menor tamanho, que obteve uma diferença de quase 20% de plântulas normais em relação as sementes grandes, e em C7 em sementes maiores. Demari et al. (2021) também observaram variação na porcentagem de germinação em cultivares de sementes de trigo classificadas em tamanhos distintos. Já no trabalho desenvolvido por Viganó et al. (2018), observou-se que apenas uma das três cultivares avaliadas apresentou diferença significativa na germinação de sementes de trigo classificadas em tamanhos distintos, no qual aquelas de maiores tamanhos ($>2,2$ a $\leq 3,2$ mm e $>3,2$ mm) foram as mais promissoras.

Sementes com tamanhos distintos possuem diferentes níveis de amido e outras reservas de energia, e isso pode interferir na expressão da germinação e desenvolvimento inicial de plântulas (SHAHI et al., 2015). Lotes com menores porcentagens de germinação necessitam de padronização de sementes, isso possibilitaria a potencialização dos atributos fisiológicos e uniformes do desenvolvimento inicial de plântulas em campos de produção (DEMARI et al., 2021).

Para a comercialização de sementes de trigo, é exigido pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), que a porcentagem mínima do lote deve ser de 80%, como estabelecido na Instrução Normativa nº 45 de 2013 (BRASIL, 2013). Com isso, a classificação de sementes por tamanho possibilitaria a comercialização de lotes que seriam descartados, como no caso da cultivar C3, no qual apenas as sementes de tamanho grande apresentaram germinação acima do mínimo exigido pela legislação.

Para o teste de emergência, houve diferença significativa entre os tamanhos das sementes para as cultivares C3, C7 e C10 (Tabela 5). Sementes pequenas apresentaram o menor desempenho em relação aos demais tamanhos nas cultivares C3 e C10. Já em C7, ocorreu o oposto, no qual as sementes grandes mostraram menor porcentagem de plântulas emergidas, em comparação as demais. Entre as cultivares, C3 obteve as menores porcentagens, para todos os tamanhos de sementes. O teste de emergência permite a avaliação do potencial fisiológico de sementes de praticamente todas as espécies cultivadas, devido a simplicidade de sua execução (MARCOS FILHO, 2005).

Tabela 5 – Médias de Emergência (EM%), Índice de Velocidade de Emergência (IVE), Envelhecimento acelerado (EA%) e Condutividade elétrica (CE $\mu\text{mos.cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$) de sementes de trigo classificadas nos tamanhos pequeno (P), médio (M) e grande (G).

EMERGÊNCIA (%)											
TAMANHO	CULTIVAR										
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11
P	98,0 aA	93,0 aB	49,0 bD	97,5 aA	91,0 aB	96,5 aA	92,0 aB	98,0 aA	94,5 aB	82,5 bC	95,0 aB
M	99,0 aA	95,0 aB	66,0 aC	98,0 aA	94,0 aB	97,5 aA	93,5 aB	96,0 aA	97,0 aA	92,0 aB	98,5 aA
G	98,0 aA	97,0 aA	64,5 aC	98,0 aA	96,5 aA	96,0 aA	84,0 bB	98,5 aA	95,5 aA	96,5 aA	95,5 aA
CV (%)	3,72%										
ÍNDICE DE VELOCIDADE DE EMERGÊNCIA											
TAMANHO	CULTIVAR										
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11
P	82,8 aA	84,2 aA	42,6 bC	83,2 aA	76,6 aB	80,4 aA	77,5 aB	83,7 aA	84,5 aA	74,1 bB	78,1 bB
M	85,0 aA	88,3 aA	58,4 aC	82,6 aB	78,8 aB	81,8 aB	80,7 aB	81,1 aB	85,1 aA	82,7 aB	86,0 aA
G	83,9 aA	87,4 aA	56,2 aC	82,8 aA	81,0 aA	80,9 aA	72,2 bB	82,7 aA	84,7 aA	87,3 aA	84,3 aA
CV (%)	4,88										
ENVELHECIMENTO ACELERADO (%)											
TAMANHO	CULTIVAR										
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11
P	43,75 bB	28,50 bD	19,75 bE	47,75 aA	40,75 bC	47,50 aA	45,50 aA	48,00 aA	47,50 aA	19,75 aE	44,25 aB
M	48,50 aA	47,50 aA	16,25 bC	48,75 aA	45,25 aB	46,50 aB	45,25 aB	49,75 aA	48,25 aA	19,00 aC	44,50 aB
G	44,75 bB	48,50 aA	33,00 aD	49,25 aA	46,75 aA	47,00 aA	40,75 bC	49,50 aA	48,25 aA	18,00 aE	44,00 aB
CV (%)	5,38										
CONDUTIVIDADE ELÉTRICA ($\mu\text{mos.cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$)											
TAMANHO	CULTIVAR										
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11
P	29,512 aF	50,184 aA	44,141 aB	17,836 aJ	20,100 aI	16,062 aK	24,275 aH	27,664 aG	31,418 aE	41,992 aC	33,999 aD
M	29,953 aC	45,343 bA	38,167 cB	15,354 bG	16,790 bG	15,743 aG	20,250 bF	24,013 bE	28,118 bD	31,563 bC	30,126 bC
G	28,746 aB	38,895 cA	39,950 bA	17,867 aE	16,756 bE	14,113 bF	21,467 bD	21,409 cD	27,163 bB	28,538 cB	24,386 cC
CV (%)	3,69										

Médias seguidas de letras minúsculas na coluna e maiúsculas diferentes na linha se diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$), $n = 4 \pm \text{dp}$ (EM%, IVE, EA%), $n = 3 \pm \text{dp}$ (CE $\mu\text{mos.cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$).

Apenas as cultivares C3, C7, C10 e C11 apresentaram diferenças significativas no índice de velocidade de emergência entre os tamanhos de sementes (Tabela 5). As menores sementes das cultivares C3, C10 e C11 obtiveram valores inferiores em relação aos demais tamanhos. Já a cultivar C7 teve o menor desempenho para as sementes grandes, apresentando um comportamento oposto às demais cultivares, porém semelhante aos resultados obtidos nos testes de germinação e primeira contagem, onde as maiores sementes também mostraram comportamento inferior.

Quando comparada as cultivares, a cultivar C3 foi a que teve os menores valores de IVE em relação as demais, independentemente do tamanho das sementes. Por outro lado, as cultivares C1, C2 e C9 apresentaram maior vigor para os três tamanhos.

No teste de envelhecimento acelerado, as cultivares C1, C2, C3, C5 e C7 tiveram diferenças na porcentagem de plântulas normais entre os tamanhos das sementes (Tabela 5). Para as cultivares C2 e C5, as sementes pequenas foram as que tiveram as menores porcentagens, enquanto a cultivar C3, sementes médias e pequenas tiveram valores inferiores que as de tamanho grande. A cultivar C1, as sementes médias apresentaram porcentagens superior em relação aos demais tamanhos, já na cultivar C7, sementes grandes tiveram a menor porcentagem.

Quando avaliada a diferença entre as cultivares, no teste de envelhecimento acelerado C3 e C10 apresentaram desempenho inferior em relação as demais (Tabela 5). Em C3, sementes pequenas e médias apresentaram as menores porcentagens, e em C10, todos os tamanhos de sementes tiveram desempenho inferior. Em contrapartida, as cultivares C4, C8 e C9 mostraram as melhores porcentagens de plântulas normais para os três tamanhos de sementes, indicando o alto potencial dessas cultivares sob condições de estresse.

Sementes quando são expostas às condições de acelerada deterioração e são colocadas para germinarem, apresentam sintomas que vão desde a viabilidade reduzida até incompleta, o que promove o desenvolvimento anormal das plântulas (MONDAL; BOSE, 2018). Em altas temperaturas e umidade, sementes vigorosas demonstram maior tolerância e produzem maior porcentagem de plântulas normais do que aquelas com menor vigor (BAALBAKI et al., 2009). O teste de envelhecimento acelerado permite identificar lotes com variação na qualidade fisiológica e estimar seu potencial após armazenamento e na semeadura. Com isso, a partir dos resultados encontrados neste trabalho, pode-se afirmar que o genótipo tem influência na tolerância às condições de estresse das sementes.

No teste de condutividade elétrica, com exceção da C1, todas as cultivares apresentaram diferenças significativas entre os tamanhos de sementes (Tabela 5). Para tais cultivares, sementes de tamanho pequeno expressaram os maiores valores de condutividade, juntamente com as sementes grandes de C3, e sementes médias de C6. O tamanho da semente está diretamente relacionada com a sua formação no processo de desenvolvimento e a quantidade de reservas. Portanto, essa característica física é um fator que afeta o resultado da condutividade elétrica na solução de embebição (VIEIRA; MARCOS FILHO, 2020).

Quando comparados os resultados de condutividade entre as cultivares, para os tamanhos de semente pequeno e médio, a cultivar C2 apresentou maior valor, e C2 e C3 para o tamanho grande. Já as que apresentaram resultados inferiores de condutividade elétrica foram C6, para sementes pequenas e grandes, e C4, C5 e C6 para sementes de tamanho médio.

Esse comportamento também foi relatado em sementes de mamona, no qual a lixiviação de exsudatos variou entre o tamanho das sementes e as diferentes cultivares analisadas (ZUCHI et al., 2012). Em amendoim, o tamanho da semente afetou os valores da condutividade elétrica, houve maior lixiviação naquelas classificadas em menor tamanho, e menor lixiviação para sementes maiores, dependendo do período de embebição (VANZOLINI; NAKAGAWA, 2005).

A qualidade da semente é avaliada indiretamente no teste de condutividade elétrica, através da determinação da quantidade de lixiviados na solução de embebição das sementes (SPONCHIADO; SOUZA; COELHO, 2014). Após a embebição, as sementes com menor vigor tendem a liberar maior quantidade de lixiviados, devido a maior intensidade de danos causados às membranas (VIEIRA et al., 2002). Os menores valores de condutividade elétrica correspondem à menor liberação de exsudatos devido a menor intensidade de desorganização dos sistemas de membranas celulares, indicando sementes de maior vigor (VIEIRA; MARCOS FILHO, 2020). Em condições de campo, esses danos podem estimular o crescimento de microrganismos patogênicos e prejudicar a emergência das plântulas (MARCOS FILHO, 2015).

De modo geral, sementes maiores costumam ter mais reservas e um embrião mais bem formado, uma vez que são mais nutridas durante sua formação (BIANCHI et al., 2022). Com isso, sementes grandes tendem a apresentar maior potencial de vigor, o que pode justificar a menor liberação de solutos na embebição, apesar de sementes menores apresentarem menor conteúdo de reservas.

A avaliação da massa seca, tanto da parte aérea quanto da raiz, mostrou que houve diferença estatística entre os tamanhos das sementes, para todas as cultivares estudadas (Tabela 6). Na matéria seca de raiz, aquelas provenientes de sementes pequenas apresentaram os menores pesos, quando em comparação com os demais tamanhos, sendo os menores valores observados nas cultivares C2, C3, C9, C10 e C11. Para sementes de tamanho médio, todas as cultivares tiveram pesos de massa seca de raiz inferiores àquelas provenientes de sementes grandes, com exceção da C1, no qual não houve diferença (Tabela 6). Em sementes médias, a cultivar com maior peso foi C8, e os menores pesos foram das cultivares C2, C9, C10 e C11. Já nas maiores sementes, as cultivares C5 e C8 obtiveram massa seca de raiz com pesos superiores as demais, e C11 apresentou o menor peso.

Na matéria seca de parte aérea, em todas as cultivares as sementes de menor tamanho obtiveram os menores pesos, em relação aos demais tamanhos, seguido por sementes médias e, por fim, sementes grandes com os maiores pesos de massa (Tabela 6). Para o menor tamanho, as cultivares C1, C4, C7 e C8 se sobressaíram com os maiores pesos de massa seca de parte aérea. Os menores valores foram obtidos pelas cultivares C9 e C11, sendo as únicas que tiveram pesos inferiores a 100 g. As cultivares C7 e C8 também se destacaram para sementes médias com os maiores pesos de massa seca, e C2, C6, C9 e C11 apresentaram os menores valores para sementes médias e grandes.

Diversos trabalhos relatam diferenças no peso de massa seca de plântulas de acordo com o tamanho de sementes, com resultados semelhantes ao presente estudo. Demari et al. (2021) também observaram menor peso de massa seca da parte aérea de plântulas para as sementes de trigo de menor tamanho, em todas as cultivares avaliadas. Para Shahi et al. (2015), os valores de massa seca de raiz e parte aérea de plântulas de trigo foram inferiores na classe de sementes de menor tamanho, para todas as variedades. Civiero et al. (2015) relataram que sementes maiores de trigo dão origem a maior peso matéria seca de raiz e parte aérea quando semeadas em profundidade de 2 cm, entretanto, quando a profundidade de semeadura foi para 4 e 6 cm, o tamanho da semente já não apresentou tanta influência no acúmulo da massa seca. As reservas da semente são responsáveis pelo crescimento inicial da plântula, e isso pode ter um efeito direto no acúmulo de matéria seca no período após sua emergência (MARCOS FILHO, 2005). Com isso, sementes de maior tamanho, que apresentam maior conteúdo de reserva, podem ter maior arranque inicial no campo e originar plântulas melhor desenvolvidas, justificando o que foi observado no presente estudo.

Tabela 6 – Médias de massa seca de raiz (MSR g), massa seca de parte aérea (MSPA g), comprimento de raiz (CR cm), comprimento de parte aérea (CPA cm) e comprimento total (CT cm) de plântulas de trigo classificadas nos tamanhos pequeno (P), médio (M) e grande (G).

MASSA SECA DE RAIZ (g)											
TAMANHO	CULTIVAR										
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11
P	0,121 bA	0,095 cB	0,093 cB	0,116 cA	0,117 cA	0,128 cA	0,106 cA	0,120 cA	0,092 cB	0,087 cB	0,077 cB
M	0,161 aB	0,121 bD	0,141 bC	0,140 bC	0,148 bC	0,155 bB	0,140 bC	0,179 bA	0,116 bD	0,114 bD	0,103 bD
G	0,173 aB	0,145 aC	0,161 aC	0,172 aB	0,193 aA	0,182 aC	0,162 aC	0,197 aA	0,162 aC	0,153 aC	0,123 aD
CV (%)	8,64										
MASSA SECA DE PARTE AÉREA (g)											
TAMANHO	CULTIVAR										
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11
P	0,121 cA	0,107 cC	0,105 cC	0,123 cA	0,113 cB	0,114 cB	0,130 cA	0,121 cA	0,087 cD	0,107 cC	0,095 cD
M	0,155 bB	0,122 bC	0,148 bB	0,149 bB	0,151 bB	0,129 bC	0,161 bA	0,168 bA	0,121 bC	0,143 bB	0,134 bC
G	0,173 aA	0,154 aB	0,170 aA	0,174 aA	0,171 aA	0,154 aB	0,182 aA	0,185 aA	0,144 aB	0,177 aA	0,150 aB
CV (%)	5,57										
COMPRIMENTO DE RAIZ (cm)											
TAMANHO	CULTIVAR										
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11
P	6,20 aB	5,23 aC	4,16 bD	6,12 aB	7,43 aA	6,49 aB	5,03 aC	5,52 bC	5,35 bC	4,24 bD	4,87 bC
M	6,52 aB	5,06 aD	4,88 aD	6,54 aB	7,00 aA	6,27 aB	4,85 aD	5,60 bC	6,08 aB	4,25 bE	5,63 bC
G	6,51 aB	5,34 aC	5,07 aC	6,42 aB	7,28 aA	6,38 aB	5,22 aC	6,14 aB	6,06 aB	5,55 aC	5,78 aC
CV (%)	6,47										
COMPRIMENTO DE PARTE AÉREA (cm)											
TAMANHO	CULTIVAR										
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11
P	3,71 aA	3,29 aB	2,42 aC	3,86 aA	3,64 aA	2,92 aB	3,25 aB	3,18 aB	3,10 aB	3,33 bB	3,24 bB
M	3,71 aA	3,30 aA	2,57 aB	3,79 aA	3,33 bA	2,84 aB	3,13 aA	3,24 aA	3,30 aA	3,25 bA	3,69 aA
G	3,67 aA	3,33 aB	2,67 aB	3,77 aA	3,38 bB	2,96 aB	3,05 aB	3,24 aB	3,32 aB	3,71 aA	3,64 aA
CV (%)	5,51										

(CONTINUA)

(CONTINUAÇÃO)

COMPRIMENTO TOTAL (cm)											
TAMANHO	CULTIVAR										
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11
P	9,91 aB	8,52 aC	6,58 bE	9,98 aB	11,08 aA	9,41 aB	8,28 aC	8,69 aC	8,46 bC	7,58 bD	8,11 bC
M	10,23 aA	8,37 aC	7,45 aD	10,33 aA	10,32 aA	9,10 aB	7,98 aC	8,84 aB	9,40 aB	7,50 bD	9,33 aB
G	10,18 aA	8,67 aC	7,74 aD	10,19 aA	10,66 aA	9,34 aB	8,28 aC	9,38 aB	9,35 aB	9,27 aB	9,42 aB
CV (%)	5,61										

Médias seguidas de letras minúsculas na coluna e maiúsculas diferentes na linha se diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$), $n = 4 \pm dp$.

Para o comprimento de plântulas (Tabela 6) em diferentes tamanhos de sementes, as cultivares que apresentaram diferenças significativas foram C3, C8, C9, C10 e C11 no comprimento de raiz, cultivares C5, C10 e C11 no comprimento de parte aérea, e C3, C9, C10 e C11 para o comprimento total.

Sementes de tamanho pequeno das cultivares C3 e C9 originaram plântulas com menor comprimento de raiz, em comparação aos tamanhos médio e grande, e as cultivares C8, C10 e C11, as sementes grandes obtiveram valores superiores as demais (Tabela 6). Quando comparado o comprimento de raiz entre as cultivares, C5 apresentou melhor desempenho para todos os tamanhos de sementes. Os menores comprimentos foram obtidos pelas cultivares C3 e C10 em sementes pequenas, C10 em sementes médias e C2, C3, C7, C10 e C11 em sementes grandes.

As raízes são essenciais para a absorção de água e nutrientes do solo, e seu tamanho pode influenciar diretamente no desenvolvimento das plantas. Nos estádios iniciais, as raízes são primordiais para o estabelecimento das plântulas na lavoura (BORÉM; SHEEREN, 2015). Um sistema radicular grande e profundo é desejável para o desenvolvimento das plantas, principalmente em condições adversas, como déficit hídrico (CHEN et al., 2018). Essa característica pode estar associada à tolerância a seca, uma vez que uma maior biomassa de raiz pode aumentar o potencial de absorção de água das camadas mais profundas do solo (DJANAGUIRAMAN et al., 2019). Além disso, um sistema radicular bem desenvolvido também traz vantagens para o solo, como melhorias em sua estrutura, com a redução da erosão e compactação, maior acúmulo de matéria orgânica e disponibilização de nutrientes, e redução da incidência de plantas daninhas (SALTON; TOMAZI, 2014).

Para a parte aérea das plântulas, a cultivar C10 apresentou diferenças de comprimento no tratamento de sementes pequenas e médias para sementes grandes, em C11, a diferença ocorreu nas sementes pequenas para as de tamanhos médio e grande, e em C5, o comprimento de parte aérea provenientes de sementes pequenas foi superior àquelas originadas dos demais tamanhos. Além disso, a cultivar C5, juntamente com C1 e C4 tiveram os maiores comprimentos de parte aérea para as sementes pequenas.

No comprimento total das plântulas, a cultivar C3 apresentou desempenho inferior em relação as demais cultivares para sementes de tamanho pequeno e grande, e também em sementes médias junto com C10. Os maiores comprimentos foram obtidos pela cultivar C5 em sementes pequenas, e nos tamanhos médio e grande, juntamente com as cultivares C1. Bianchi et al. (2022)

observaram que sementes de soja de menor diâmetro originaram plântulas mais curtas. Também foi relatado por Civiero et al. (2015) que sementes maiores de trigo originaram plântulas de maior altura, e apresentaram maior taxa de produção de fotoassimilados, número de afilhos e matéria seca de parte aérea.

A razão entre comprimento de parte aérea/raiz não apresentou interação significativa para cultivar x tamanho, portanto, as variáveis foram analisadas separadamente. Para os diferentes tamanhos (Tabela 7), as sementes pequenas, médias e grandes, apresentaram os menores, intermediários e maiores valores, respectivamente. Em relação as cultivares (Tabela 8), C6 apresentou maior razão de parte aérea/raiz, enquanto C10 obteve o menor valor.

Tabela 7 – Médias da razão do comprimento de parte aérea sobre raiz de plântulas de trigo classificadas nos tamanhos pequeno (P), médio (M) e grande (G).

TAMANHO	Média
P	1,69 c
M	1,74 b
G	1,80 a
CV (%)	5,42

Médias seguidas de letras minúsculas na coluna e maiúsculas diferentes na linha se diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$), $n = 4 \pm dp$.

Tabela 8 – Médias da razão do comprimento de parte aérea/raiz de plântulas de diferentes cultivares de trigo.

CULTIVARES	Média
C1	1,73 d
C2	1,58 e
C3	1,84 c
C4	1,67 d
C5	2,10 b
C6	2,20 a
C7	1,60 e
C8	1,79 c
C9	1,80 c
C10	1,36 f
C11	1,54 e
CV (%)	5,42

Médias seguidas de letras minúsculas na coluna e maiúsculas diferentes na linha se diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$), $n = 4 \pm dp$.

De modo geral, sementes mais vigorosas formam plântulas com maior comprimento a massa seca (MARCOS FILHO, 2015). O vigor de sementes está associado diretamente com a massa seca, comprimento de plântulas e a taxa de mobilização de reservas. Uma semente com maior potencial fisiológico tem maior capacidade de aproveitamento de reservas, formando plântulas maiores e com mais matéria seca (PADILHA et al., 2022). Quando as reservas das sementes estão sendo utilizadas no desenvolvimento inicial de plântulas, a taxa de emissão de folhas é maior quando provêm de sementes grandes do que de sementes pequenas (PETERSON; KLEPPER; RICKMAN, 1989). Tendo isso em vista, torna-se justificável a classificação de sementes por tamanho, uma vez que a avaliação de massa seca e comprimento de plântulas permite diferenciar potencial de lotes e estimar seu desempenho inicial em campo.

De acordo com os resultados obtidos, houve diferenças no comportamento dos tratamentos nos diferentes testes. Isso também foi observado em sementes de soja, em que a interação cultivar x peneira indicou que as cultivares não apresentaram desempenho semelhante quando os diferentes tamanhos de sementes foram avaliados nos diferentes testes (BIANCHI et al., 2022).

Na Figura 2, estão apresentadas as redes de correlações. Nessa análise, as variáveis são representadas por nós, que são conectados por linhas. Cada linha contém um peso indicando a força da correlação. Quanto mais forte a correlação entre duas variáveis, mais espessa é a linha que as conecta na trama da rede. Uma forma de representação da trama é a disposição dos nós de modo

que o comprimento das linhas depende da intensidade das correlações. As correlações positivas são apresentadas em azul, enquanto as correlações negativas são apresentadas na escala vermelha (EPSKAMP et al., 2012). Assim, é possível observar a proximidade entre os testes fisiológicos realizados em uma abordagem geral e para cada tamanho de semente (Figura 2).

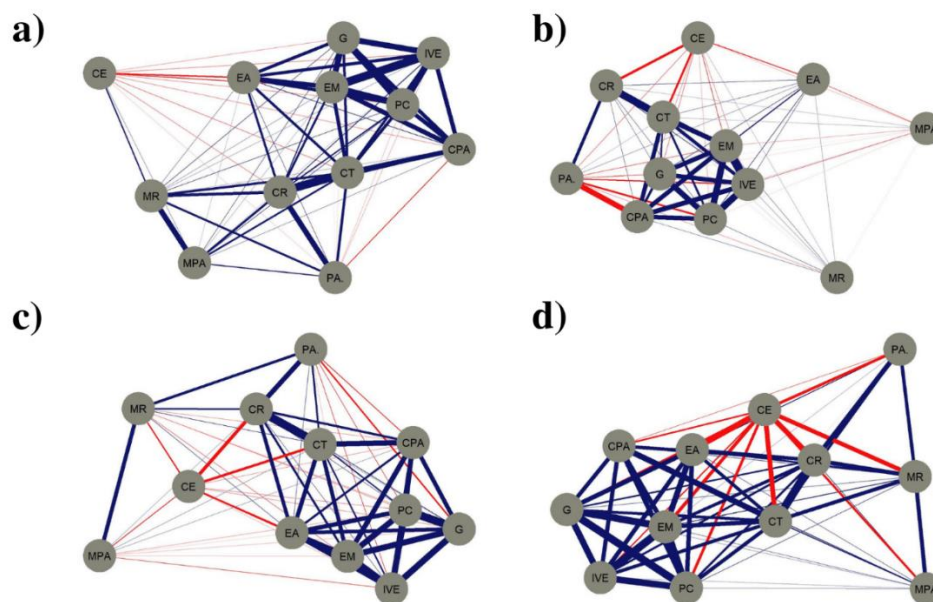


Figura 2. Rede de correlações entre as análises fisiológicas em abordagem geral (a), sementes grandes (b), sementes médias (c) e sementes pequenas (d). Germinação (G); primeira contagem (PC); emergência (EM); índice de velocidade de emergência (IVE); envelhecimento acelerado (EA); condutividade elétrica (CE); massa seca de raiz (MSR); massa seca de parte aérea (MSPA); comprimento de raiz (CR); comprimento de parte aérea (CPA); comprimento total (CT); razão de parte aérea/raiz (PA/R). A proximidade entre as características e a espessura da linha foi proporcional ao valor absoluto da correlação entre esses nós. Correlações positivas foram mostradas em azul e correlações negativas em vermelho.

Na abordagem geral, os testes de germinação, primeira contagem, emergência e índice de velocidade de emergência (IVE) apresentaram alta correlação positiva entre si (Figura 2a). O teste de germinação apresentou 85,42% de correlação com a primeira contagem, 76,39% com a emergência e 74,03% com o índice de velocidade de emergência (Apêndice A). A primeira contagem obteve 81,83% de correlação com a emergência e 81,37% com IVE, que, por sua vez, mostrou 94,50% de correlação com a emergência (Apêndice A).

Também foi possível observar esse comportamento na rede de correlação em sementes grandes (Figura 2b), médias (Figura 2c) e pequenas (Figura 2d), com mais de 60% na correlação entre os testes. Sementes pequenas foi o parâmetro observado que obteve maior correlação entre esses testes (Figura 2d). Essa alta correlação entre esses testes pode ser explicada devido ao fato

de apresentarem abordagens semelhantes para avaliação, a partir da análise do poder germinativo das sementes e desenvolvimento de plântula normal, sem nenhuma condição de estresse aplicada nos tratamentos.

O teste de condutividade elétrica (CE) apresentou correlação negativa com todos os testes, com exceção dos pesos de massa seca de raiz e parte aérea na abordagem geral (Apêndice A) e na massa seca de raiz em sementes grandes (Apêndice B). A correlação inversa da CE pode ser justificada devido ao fato de que os maiores resultados obtidos nesta análise correspondem as sementes com maior liberação de lixiviados, indicando menor vigor dos tratamentos, ao contrário da interpretação dos demais testes.

Os pesos de massa seca de raiz (MSR) e massa seca de parte aérea (MSPA) mostraram alta correlação entre si na abordagem geral (Figura 2a), com 71,96% de correlação (Apêndice A), correlação média para sementes médias (Figura 2c) e pequenas (Figura 2d), e baixa correlação em sementes grandes (Figura 2b).

A verificação do comprimento total de plântulas de trigo, apresentou alta correlação com o teste de comprimento de raiz (Figura 2). Na abordagem geral essa correlação foi de 95,43% (Apêndice A), em sementes grandes 88,47% (Apêndice B), 95,14% em médias (Apêndice C) e 96,31% em sementes pequenas (Apêndice D). No entanto, a correlação entre o comprimento de raiz e parte aérea foi baixa na abordagem geral e para todos os tamanhos (Figura 2). Resultado inesperado pôde ser observado na avaliação da razão do comprimento de parte aérea e raiz, que obteve alta correlação negativa com o comprimento de parte aérea em sementes grandes (-72,11%) (Apêndice B).

Para sementes pequenas, o teste de envelhecimento acelerado teve a correlação acima de 60% com os testes de germinação, primeira contagem e índice de velocidade de germinação (Apêndice D), fator interessante para associar a capacidade germinativa das sementes com seu desempenho sob condições estressantes e o desenvolvimento inicial das plântulas.

Na Figura 3, observa-se que o primeiro e o segundo componente da análise de componentes principais (PCA) explicaram 46,20% e 23,60% da variação dos tratamentos, respectivamente. Os elementos foram escalonados em direções diferentes nos dois eixos do PCA (Figura 3).

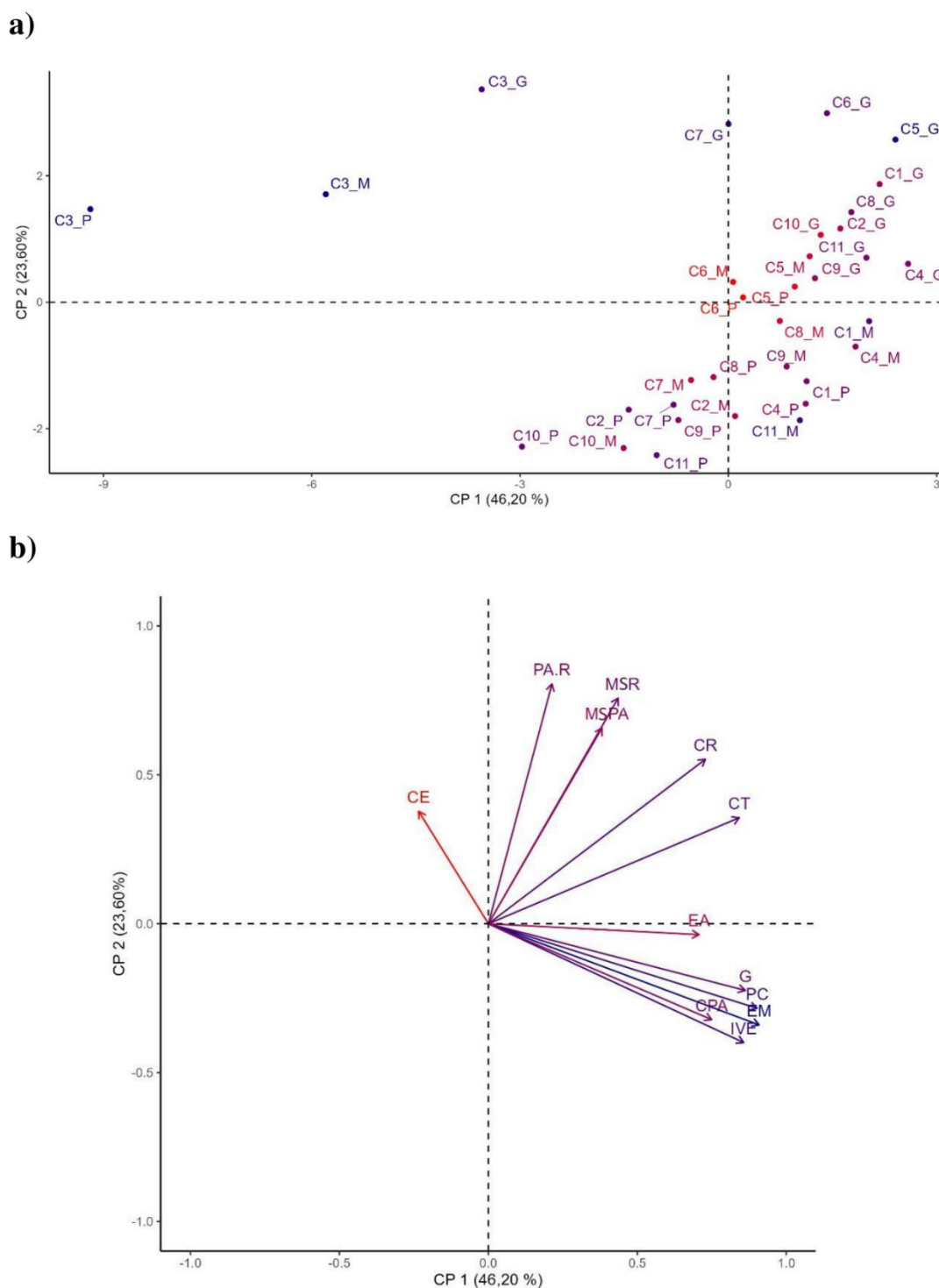


Figura 3. Análise dos componentes principais (PCA) entre os tratamentos (a) e testes fisiológicos (b). Germinação (G); primeira contagem (PC); emergência (EM); índice de velocidade de emergência (IVE); envelhecimento acelerado (EA); condutividade elétrica (CE); massa seca de raiz (MSR); massa seca de parte aérea (MSPA); comprimento de raiz (CR); comprimento de parte aérea (CPA); comprimento total (CT); razão de parte aérea/raiz (PA/R).

Entre os tratamentos, foi possível observar que as cultivares com o mesmo tamanho de sementes tiveram maior correlação e proximidade entre si, permanecendo no mesmo quadrante (Figura 3a), com exceção da cultivar C3, que, como observado nos resultados dos testes fisiológicos, foi a que apresentou pior desempenho de vigor, e permaneceram no mesmo quadrante.

Sementes grandes tiveram maior correlação com os testes de massa seca de raiz e parte aérea e comprimento total e de raiz. Já as sementes menores mostraram maior correlação com os testes de germinação, primeira contagem, emergência, índice de velocidade de emergência e comprimento de parte aérea (Figura 3b).

A qualidade fisiológica de um lote não é determinada apenas pelas suas características morfológicas e fisiológicas. O genótipo do material avaliado também tem forte influência no vigor das sementes (OLIVEIRA et al., 2017). De modo geral, os tratamentos em que houve diferenças significativas para os tamanhos de sementes foram aqueles que apresentaram menor desempenho no vigor. Como também para sementes de salsa de diferentes cultivares, os materiais genéticos com baixo vigor inicial podem ser mais afetados pela classificação de sementes por tamanho (BARROS et al., 2021).

Não existe um único teste capaz de se determinar o potencial fisiológico de um lote em uma espécie ou grupo de espécie, visto que o vigor é a soma de características que determinam o desempenho da semente (MARCOS FILHO, 2015). Portanto, é necessária a execução de um conjunto de análises com princípios relacionados aos objetivos desejados para melhor interpretação dos resultados. Desta forma, é possível estimar com maior precisão a qualidade de um lote de sementes e garantir sucesso no desempenho de seu cultivo na lavoura.

4 CONCLUSÕES

A qualidade fisiológica é afetada pelo tamanho das sementes de trigo.

O tamanho da semente de trigo tem influência sobre a massa seca de raiz e parte aérea, no qual os pesos superiores provém de sementes classificadas com o maior tamanho de peneira.

Sementes de mesmo tamanho respondem de maneira semelhante aos testes fisiológicos.

REFERÊNCIAS

- ADEBISI, M. A. et al. Influence of different seed size fractions on seed germination, seedling emergence and seed yield characters in tropical soybean (*Glycine max* L. merrill). **International Journal of Agricultural Research**, v. 8, n. 1, p. 26–33, 2013.
- BAALBAKI, R. et al. **Seed vigor testing handbook**. AOSA, Ithaca, NY, USA, 2009.
- BARROS, R. T. de et al. Physiological quality of parsley seeds in function of size. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 42, n. 3, p. 1499–1510, 2021.
- BIANCHI, M. C. et al. Soybean seed size: how does it affect crop development and physiological seed quality? **Journal of Seed Science**, v. 44, 2022.
- BISOGNIN, M. B. et al. Desempenho fisiológico de sementes olerícolas em diferentes tempos de hidrocondicionamento. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 39, n. 3, 349-359, 2016.
- BORÉM, A.; SCHEEREN, P. L. **Trigo do plantio à colheita**. Viçosa, UFV, 2015, 260 p.
- BRASIL. **Manual de Análise Sanitária de Sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária, 2009a.
- BRASIL. **Regras para Análise de Sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília, 2009b.
- BRASIL. Instrução Normativa n° 45, de 17 de setembro de 2013. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 18 set. 2013. Seção 1, p. 16.
- CHEN, D. et al. Overexpression of a predominantly root-expressed NAC transcription factor in wheat roots enhances root length, biomass and drought tolerance. **Plant Cell Reports**, v. 37, n. 2, p. 225–237, 2018.
- CIVIERO, J. C. et al. Tamanho de semente e profundidade de semeadura em relação à tolerância a deficiência hídrica em trigo. **XIV SICITE–UTFPR**, v. 1, p. 1-4, 2015.
- COMPONOGARA, A. et al. O atual contexto da produção de trigo no Rio Grande do Sul. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v.19, n.2, p. 246-257, 2015.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento (2023). **Portal de Informações Agropecuárias**. Disponível em <<https://portaldeinformacoes.conab.gov.br/produtos-360.html>>. Acesso em: 05 jan. 2023.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento (2017). **A cultura do trigo**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/uploads/arquivos/17_04_25_11_40_00_a_cultura_do_trigo_versao_digital_final.pdf>. Acesso em: 06 dez. 2022.

- DE MORI, C. Aspectos econômicos da produção e utilização. In: BORÉM, A.; SCHEEREN, P. L. (eds). **Trigo do plantio à colheita**. Viçosa, cap. 1, p. 11 – 34, 2015
- DEMARI, G. H. et al. Seed Size and Its Influence on Growth-Related Agronomic Characters of Wheat Plants. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n. 12, p. 29, 2019.
- DEMARI, G. H. et al. Seed classification: influence on the vigor expression in *Triticum aestivum* L. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 11, n. 1, p. 43–56, 2021.
- DJANAGUIRAMAN, M. et al. Root length and root lipid composition contribute to drought tolerance of winter and spring wheat. **Plant and Soil**, v. 439, n. 1–2, p. 57–73, 2019.
- EPSKAMP, S.; CRAMER, A. O. J.; WALDORP, L. J.; SCHMITTMANN, V. D.; BORSBOOM, D. qgraph: network visualizations of relationships in psychometric data. **Journal of Statistical Software**, v.48, p.1-18, 2012.
- FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations (2023). **Cereal Supply and Demand Brief**. Disponível em: <<http://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/en/>>. Acesso em: 31 jan. 2023.
- FERREIRA, D. F. **Manual do sistema Sisvar para análises estatísticas**. 2000.
- HENNING, A. A. **Patologia e tratamento de sementes**: noções gerais. 2. ed. Londrina: Embrapa Soja, 2005.
- KELER, V. V.; MARTYNOVA, O. V. Seed qualities variation of spring wheat grain depending on its alignment. **Earth and Environmental Science**, v. 659, n. 1, 2021.
- LAMAS, F. M. Produzir trigo no Brasil, mais que uma opção, uma necessidade. **EMBRAPA Agropecuária Oeste**, 08 jun. 2018. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/34949879/artigo---produzir-trigo-no-brasil-mais-que-uma-opcao-uma-necessidade>>. Acesso em: 05 jan. 2023.
- LIMA, T. C.; MEDINA, P. F.; FANAN, S. Avaliação do vigor de sementes de trigo pelo teste de envelhecimento acelerado. **Revista Brasileira de Sementes**, vol. 28, nº 1, p. 106-113, 2006.
- MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v.2, n.1, p.176-177, 1962.
- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: Fealq, 2005. 495 p.
- MARCOS FILHO, J. Seed vigor testing: An overview of the past, present and future perspective. **Scientia Agricola**, v. 72, n. 4, p. 363–374, 2015.
- MARINHO, J. DE L. et al. Wheat yield and seed physiological quality affected by initial seed vigor, sowing density, and environmental conditions. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 42, n. 3, p.

1595–1614, 2021.

MONDAL, S.; BOSE, B. Accelerated Aging Affects the Germination Physiology of Wheat Seeds. **International Journal of Agriculture, Environment and Biotechnology**, v. 11, p. 209–216, 2018.

MUT, Z.; AKAY, H. Effect of seed size and drought stress on germination and seedling growth of naked oat (*Avena sativa* L.). **Bulgarian Journal of Agricultural Science**, v. 16, n. 4, p. 459–467, 2010.

OHLSON, O. DE C. et al. Teste de envelhecimento acelerado em sementes de trigo. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 4, p. 118–124, 2010.

OLIVEIRA, S. S. C. et al. Tests for the selection of forage turnip progeny to order the vigor and longevity of seeds. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 1, p. 230-236, 2017.

PADILHA, M. S. et al. Seed vigor in reserve mobilization and wheat seedling formation. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 17, n. 3, 2022.

PETERSON, C. M.; KLEPPER, B.; RICKMAN, R. W. Seed reserves and seedling development in winter wheat. **Agronomy Journal**, Madison, v. 81, p. 245-251, 1989.

SALTON, J. C.; TOMAZI, M. Sistema radicular de plantas e qualidade do solo. Dourados: **Embrapa Agropecuária Oeste**, 2014. 6 p.

SHAHI, C. et al. How Seed Size and Water Stress Effect the Seed Germination and Seedling Growth in Wheat Varieties? **Current Agriculture Research Journal**, v. 3, n. 1, p. 60–68, 2015.

STEINER, F., et al. Does seed size affect the germination rate and seedling growth of peanut under salinity and water stress? **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 49, 2019.

SOARES, C. M. et al. Seed quality and crop performance of soybeans submitted to different forms of treatment and seed size. **Journal of Seed Science**, v. 41, n. 1, p. 86–96, 2019.

SOARES, M. M. et al. Estresse hídrico e salino em sementes de soja classificadas em diferentes tamanhos. **Pesquisa Agropecuaria Tropical**, v. 45, n. 4, p. 370–378, 2015.

SPONCHIADO, J. C.; SOUZA, C. A.; COELHO, C. M. M. Teste de condutividade elétrica para determinação do potencial fisiológico de sementes de aveia branca. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 4, p. 2405–2414, 2014.

VANZOLINI, S.; NAKAGAWA, J. Condutividade Elétrica Em Amendoim. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 27, n. 2, p. 151–158, 2005.

VIEIRA, R.D.; MARCOS FILHO, J. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA NETO, J.B.; MARCOS FILHO, J. **Vigor de Sementes:**

Conceitos e Testes. Londrina: ABRATES, 2 ed., cap. 8, p. 333-388, 2020.

VIEIRA, R. D. et al. Condutividade elétrica e teor de água inicial das sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 9, p. 1333-1338, 2002.

VIGANÓ, J. et al. Qualidade fisiológica em função do tamanho de sementes de trigo. **Revista Integralização Universitária**, v. 12, n. 18, p. 75–78, 2018.

ZUCHI, J. et al. Curva de embebição e condutividade elétrica de sementes de mamona classificadas por tamanho. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, p. 504–509, 2012.

APÊNDICES

Apêndice A – Correlação entre análises geral (%).

	G	PC	EM	IVE	MSR	MSPA	CR	CPA	CT	PA/R	CE	EA
G	100,00	85,42	76,39	74,04	25,16	24,02	36,12	56,46	48,12	-4,39	-13,32	53,28
PC	85,42	100,00	81,84	81,37	23,89	26,20	36,15	62,11	50,00	-9,52	-16,76	55,08
EM	76,39	81,84	100,00	94,50	13,42	10,44	44,55	63,79	57,44	-1,70	-33,16	63,94
IVE	74,04	81,37	94,50	100,00	11,47	6,65	33,11	62,17	47,52	-12,39	-18,45	52,01
MSR	25,16	23,89	13,42	11,47	100,00	71,96	51,50	10,85	45,79	44,66	37,87	17,31
MSPA	24,02	26,20	10,44	6,65	71,96	100,00	44,56	15,23	41,53	34,48	17,00	8,51
CR	36,12	36,15	44,55	33,11	51,50	44,56	100,00	40,95	95,43	71,58	-17,44	47,11
CPA	56,46	62,10	63,79	62,17	10,85	15,23	40,95	100,00	66,35	-33,62	-15,90	31,37
CT	48,12	50,00	57,44	47,52	45,79	41,53	95,43	66,35	100,00	47,69	-19,51	48,91
PA/R	-4,39	-09,52	-1,70	-12,39	44,66	34,48	71,58	-33,62	47,69	100,00	-6,12	24,79
CE	-13,32	-16,76	-33,16	-18,45	37,87	17,00	-17,44	-15,90	-19,51	-6,12	100,00	-37,96
EA	53,28	55,08	63,94	52,01	17,31	8,51	47,11	31,37	48,91	24,79	-37,96	100,00

Apêndice B – Correlação entre análises com sementes grandes (%).

	G	PC	EM	IVE	MSR	MSPA	CR	CPA	CT	PA/R	CE	EA
G	100,00	73,49	63,78	63,87	0,14	-3,57	18,89	49,11	38,33	-29,17	-21,37	23,39
PC	73,49	100,00	80,92	81,19	17,04	-3,85	18,99	63,61	45,29	-41,37	-11,31	29,00
EM	63,78	80,92	100,00	95,07	16,90	-11,70	44,97	63,13	65,71	-22,98	-31,02	35,94
IVE	63,87	81,19	95,07	100,00	12,39	-19,91	29,54	65,06	54,36	-35,27	-17,12	21,67
MSR	0,14	17,04	16,90	12,39	100,00	-2,03	-2,58	15,32	5,22	-13,41	10,27	11,63
MSPA	-3,57	-3,85	-11,70	-19,91	-2,03	100,00	8,38	6,25	9,63	1,27	-8,71	-23,26
CR	18,89	18,99	44,97	29,54	-2,58	8,38	100,00	18,94	88,47	53,36	-47,97	21,32
CPA	49,11	63,61	63,13	65,06	15,32	6,25	18,94	100,00	62,52	-72,11	-15,53	-1,49
CT	38,33	45,29	65,71	54,36	5,22	9,63	88,47	62,52	100,00	8,19	-45,50	16,24
PA/R	-29,17	-41,37	-22,98	-35,27	-13,41	1,27	53,36	-72,11	8,19	100,00	-20,29	13,26
CE	-21,37	-11,31	-31,02	-17,12	10,27	-8,71	-47,97	-15,53	-45,50	-20,29	100,00	-32,86
EA	23,39	29,00	35,94	21,67	11,63	-23,26	21,32	-1,49	16,24	13,26	-32,86	100,00

Apêndice C – Correlação entre análises com sementes médias (%).

	G	PC	EM	IVE	MSR	MSPA	CR	CPA	CT	PA/R	CE	EA
G	100,00	93,43	76,84	79,97	-14,26	-9,30	12,47	61,35	31,14	-38,46	-15,78	56,53
PC	93,43	100,00	77,94	80,14	-15,15	-12,46	20,93	62,48	38,23	-30,35	-16,96	64,65
EM	76,84	77,94	100,00	92,82	0,85	-7,48	44,09	67,64	58,37	-8,54	-37,30	71,94
IVE	79,97	80,14	92,82	100,00	-19,95	-25,08	21,73	64,11	39,43	-29,56	-9,48	61,13
MSR	-14,26	-15,15	0,85	-19,95	100,00	60,10	38,44	-13,93	25,64	50,36	-38,05	23,15
MSPA	-9,30	-12,46	-7,48	-25,08	60,10	100,00	11,47	12,50	13,42	-0,45	-32,21	-4,90
CR	12,47	20,93	44,09	21,73	38,44	11,47	100,00	45,87	95,14	67,74	-53,86	58,12
CPA	61,35	62,48	67,64	64,11	-13,93	12,50	45,87	100,00	70,99	-33,84	-13,64	47,19
CT	31,14	38,23	58,37	39,43	25,64	13,42	95,14	70,99	100,00	41,97	-47,41	62,41
PA/R	-38,46	-30,35	-8,54	-29,56	50,36	-0,45	67,74	-33,84	41,97	100,00	-45,10	21,73
CE	-15,78	-16,96	-37,30	-9,48	-38,05	-32,21	-53,86	-13,64	-47,41	-45,10	100,00	-40,71
EA	56,53	64,65	71,94	61,13	23,15	-4,90	58,12	47,19	62,41	21,73	-40,71	100,00

Apêndice D – Correlação entre análises com sementes pequenas (%).

	G	PC	EM	IVE	MSR	MSPA	CR	CPA	CT	PA/R	CE	EA
G	100,00	91,00	85,93	80,26	21,85	13,28	39,20	62,99	51,10	-6,11	-50,60	63,41
PC	91,00	100,00	86,82	83,07	24,26	15,59	45,15	67,12	57,10	-2,66	-50,27	64,27
EM	85,93	86,82	100,00	94,81	32,99	18,98	52,42	63,66	61,69	9,62	-52,61	76,67
IVE	80,26	83,07	94,81	100,00	27,43	11,66	44,29	61,25	54,53	1,89	-38,47	64,94
MSR	21,85	24,26	32,99	27,43	100,00	59,44	63,28	25,38	57,86	54,29	-63,26	42,89
MSPA	13,28	15,59	18,98	11,66	59,44	100,00	29,84	33,64	34,28	8,07	-44,38	20,71
CR	39,20	45,15	52,42	44,29	63,28	29,84	100,00	55,21	96,31	69,95	-69,27	55,50
CPA	62,99	67,12	63,66	61,25	25,38	33,64	55,21	100,00	75,61	-20,25	-38,50	39,30
CT	51,10	57,10	61,69	54,53	57,86	34,28	96,31	75,61	100,00	48,37	-66,80	56,25
PA/R	-6,11	-2,66	9,62	1,89	54,29	8,07	69,95	-20,25	48,37	100,00	-50,68	33,33
CE	-50,60	-50,27	-52,61	-38,47	-63,26	-44,38	-69,26	-38,50	-66,80	-50,68	100,00	-75,23
EA	63,41	64,27	76,67	64,94	42,89	20,71	55,50	39,30	56,25	33,33	-75,32	100,00