



Diogo Witzak dos Santos

**INFLUÊNCIA DO VIGOR DE SEMENTES E
TEMPERATURA DE SOLO NO DESENVOLVIMENTO DA
CULTURA DO MILHO**

Dissertação de Mestrado

CRUZ ALTA- RS, 2024

Diogo Witzak dos Santos

**INFLUÊNCIA DO VIGOR DE SEMENTES E TEMPERATURA DE SOLO NO
DESENVOLVIMENTO DA CULTURA DO MILHO**

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado Profissional em Desenvolvimento Rural da Universidade de Cruz Alta – UNICRUZ como requisito para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento Rural.

Orientador: Prof. Dr. Rafael Pivotto Bortolotto

Coorientador:

Cruz Alta – RS, 2024

Universidade de Cruz Alta - UNICRUZ
Pró-Reitoria de Pós-Graduação, Pesquisa e Extensão.
Mestrado Profissional em Desenvolvimento Rural

**INFLUÊNCIA DO VIGOR DE SEMENTES E TEMPERATURA DE SOLO NO
DESENVOLVIMENTO DA CULTURA DO MILHO**

Elaborado por:

Diogo Witczak dos Santos

Comissão Examinadora:

Juliana Camera (UNICRUZ)

Vitor Girardello (URI)

Rafael Pivotto Bortolotto (UNICRUZ)

Cruz alta- RS, 2024

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha gratidão a Deus, que de forma alguma me deixou fraquejar ou mesmo desistir. Poucos sabem ou conhecem minha trajetória, trajetória esta que se iniciou a muitos anos atrás com um sonho de um menino em ser engenheiro agrônomo com objetivo de alimentar o mundo, pois bem este menino dedicou-se muito anos da sua vida a este objetivo, iniciando na escola agrícola, várias faculdades e cursos até a graduação em agronomia, mas este menino agora homem não queria parar por aqui, e logo veio as especializações e enfim o mestrado. Só deus sabe o quanto desafiador foram esses anos, mas quando maior a batalha maior a conquista.

Agradecer minha família que no jeito deles sempre estiveram ao meu lado me apoiando e incentivando, essa conquista também é de vocês.

Agradecer meu orientador Prof. Rafael que não mediu esforço para realizarmos este trabalho.

E por último, mas tão importante agradecer a esta instituição que me abriu as portas e está me permitindo realizar mais um sonho e evoluir como pessoa e profissional.

RESUMO

INFLUÊNCIA DO VIGOR DE SEMENTES E TEMPERATURA DE SOLO NO DESENVOLVIMENTO DA CULTURA DO MILHO

Autor: Diogo Witczak dos Santos

Orientador: Rafael Pivotto Bortolotto

O milho é uma cultura de grande importância no mercado agrícola brasileiro. O seu potencial de produção é definido pelo clima e genética e pode ser mantido pelo manejo realizado na lavoura. O vigor das sementes é um fator genético, e, portanto, está entre os fatores que definem o potencial da lavoura de milho, podendo ser afetado diretamente pelas condições ambientais. O objetivo deste trabalho foi avaliar quanto o vigor de sementes poderá impactar na produtividade do milho, quando a semente é exposta a diferentes temperaturas. O experimento foi realizado em Santa Vitória das Missões, Rio Grande do Sul/Brasil na safra 2019/2020. Foram testados quatro grupos de sementes com diferentes porcentagens de germinação (G) e vigor (V) em duas épocas de semeadura: grupo 1, 96 % G- 91% V; grupo 2, 95 % G – 95 % V; grupo 3, 99 % G – 93 % V e grupo 4, 91 % G – 90 % V. A primeira época de semeadura foi em 08/08/2022 e a segunda época em 26/08/2022, com temperaturas do ar e do solo de 22°C e 16°C e 26°C e 22°C, respectivamente. O híbrido utilizado foi o DKB230PRO4. Os efeitos do vigor da semente foram expressos na emergência, no crescimento inicial, e no desenvolvimento, com impactos nos componentes de rendimento. O grupo 3, com 99% de germinação e 93% de vigor, produziu 10,7 sacos ha⁻¹ a mais que os outros na primeira época e 4,7 sacos ha⁻¹ a mais na segunda época.

Palavras chaves: Potencial de produtividade. *Zea mays*. Clima.

ABSTRACT

INFLUENCE OF SEED VIGOR AND SOIL TEMPERATURE ON MAIZE CROP DEVELOPMENT

Author: Diogo Witzak dos Santos

Advisor: Rafael Pivotto Bortolotto

Corn is a crop of great importance in the Brazilian agricultural market. Its production potential is defined by the climate and can be maintained by the management carried out in the crop. Seed vigor is a genetic factor, and therefore is among the factors that define the potential of corn crops and can be directly affected by environmental conditions. The objective of this study was to evaluate how much seed vigor can impact corn yield when the seed is exposed to different soil temperatures. The experiment was carried out in Santa Vitória das Missões, Rio Grande do Sul in the 2019/2020 harvest. Four groups of seeds were tested with different percentages of germination (G) and vigor (V) at two sowing dates: group 1, 96% G- 91% V; group 2, 95%G – 95% V; group 3, 99% G - 93% V and group 4, 91% G - 90% V. The first sowing time was in the decade of August and the second time in the last decade, with air and soil temperatures of 22°C and 16°C and 26°C and 22°C, respectively. The hybrid used was the DKB230PRO4. The effects of seed vigor were expressed in emergence, initial growth, and development. vigor, produced 10.7 bags ha⁻¹ more than the others in the first season and 4.7 bags ha⁻¹ more in the second season.

Keywords: Productivity potential. Zea mays. Climate.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Dias para emergência total de plantas de milho em função da época de semeadura. A = primeira época, B = segunda época (a). Número de plantas por hectare em função do tratamento (T1:T4) e da época de semeadura. A = primeira época, B = segunda época (b). Barras indicam o erro padrão médio. O asterisco ‘*’ refere-se a diferença entre épocas de semeadura para cada tratamento. Letras iguais não diferem estatisticamente entre si para os tratamentos em cada época de semeadura pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Figura 2. Número de plantas dominadas por hectare em função do tratamento (T1:T4). Barras indicam erro padrão da média. Letras iguais não diferem estatisticamente entre si para os tratamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Figura 3. Altura da espiga (cm) (a), Altura de plantas (cm) (b), Peso de espigas (g) (c), Peso de sabugo (g) (d), Número de grãos por espiga (e), Peso de mil grãos (f) e Número de espigas viáveis há^{-1} (g) em função do tratamento (T1:T4) e da época de semeadura. A = primeira época, B = segunda época. Barras indicam erro padrão da média. O asterisco ‘*’ refere-se a diferença entre épocas de semeadura para cada tratamento. Letras iguais não diferem estatisticamente entre si para os tratamentos em cada época de semeadura pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Figura 4. Comprimento de espiga em função da época de semeadura (a) e tratamentos (T1:T4) (b). Barras indicam erro padrão da média. Letras iguais não diferem estatisticamente entre si para os tratamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Figura 5. Produtividade (Kg ha^{-1}) em função do tratamento (T1:T4) e da época de semeadura. A = primeira época, B = segunda época. Barras indicam erro padrão da média. O asterisco ‘*’ refere-se a diferença entre épocas de semeadura para cada tratamento. Letras iguais não diferem estatisticamente entre si para os tratamentos em cada época de semeadura pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

1 INTRODUÇÃO E JUTIFICATIVA.....	8
1.1 Hipótese.....	9
1.2 Objetivos	9
1.2.1 Geral.....	9
1.2.2 Específicos	9
2 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....
2.1 CAPÍTULO 1 - INFLUÊNCIA DO VIGOR DE SEMENTES E TEMPERATURA DE SOLO NO DESENVOLVIMENTO DA CULTURA DO MILHO.....	12
1 INTRODUÇÃO.....	11
1.1 A cultura do milho	12
1.1 Vigor de sementes de milho.....	13
1.2 Temperatura do solo.....	15
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	16
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
4 CONCLUSÕES.....	25
5 REFERÊNCIAS	26

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

No Brasil, a marca de 131.759,7 milhões de toneladas de milho se confirmou na safra 2022/2023 (CONAB, 2023), enaltecendo o esforço dos produtores e os investimentos em pesquisa e tecnologia, que são fundamentais para se chegar neste patamar histórico do grão. O desafio nos próximos anos é aumentar significativamente a produção.

O Rio Grande do Sul tem uma área de 812,8 mil há (Emater, 2024). A maior área semeada com milho no Rio Grande do Sul é a região Noroeste. Nesta região a semeadura do milho inicia no final de julho e início de agosto, em meses em que o solo ainda está frio. Esta semeadura precoce ocorre principalmente para a introdução da soja safrinha, que tem início da sua semeadura em janeiro. Portanto, para possibilitar esta sucessão de cultivos que é extremamente importante nesta região, as sementes de milho passam por algumas provações principalmente quando se trata de qualidade de semente.

A utilização de sementes de alta qualidade é fundamental para o estabelecimento das culturas (DODE *et al.*, 2012). Visto isso, visando determinar o valor das sementes para a semeadura e a comparação de diferentes lotes, os laboratórios de análise de sementes realizam o teste padrão de germinação. Este indica o máximo potencial germinativo de um lote de sementes, uma vez que é realizado em condições controladas e demonstra a capacidade de produção de plantas normais sob condições favoráveis de campo (BRASIL, 2009).

Porém, para uma melhor análise da qualidade fisiológica de sementes, faz-se necessária a complementação das informações fornecidas pelo teste de germinação com testes de vigor (DODE *et al.*, 2012). Mendonça *et al.*, (2008) ressaltam que os testes de vigor detectam de maneira mais precisa os avanços da deterioração de sementes, permitindo verificar diferenças na qualidade fisiológica de lotes que apresentem germinações semelhantes. Sendo estes testes utilizados rotineiramente pelas empresas produtoras de sementes dentro do controle interno de qualidade, visando estimar o potencial de desempenho em campo, tanto em condições favoráveis como adversas (GRZYBOWSKI *et al.*, 2015).

Entre os diversos testes de vigor, o teste de envelhecimento acelerado apresenta resultados satisfatórios, fornecendo informações importantes sobre o potencial de armazenamento e de emergência de plântulas em campo. O teste tem como princípio a exposição de sementes a alta temperatura e umidade, seguido da realização de teste de germinação e demonstra que lotes com alto vigor tem maior tolerância ao condicionamento que lotes com vigor mais baixo, produzindo então maior porcentagem de plantas vigorosas (BAALBAKI *et al.*, 2009).

Portanto, mesmo uma semente com bom vigor, quando coloca em condições reais de campo, pode não apresentar o desempenho esperado. Sendo assim, esta pesquisa busca avaliar a produtividade de milho com diferentes indicações de germinação e vigor, quando são inseridas em condições reais de campos com diferentes temperaturas de solos.

1.1 Hipótese

Sementes com mais de 90% de vigor são capazes de estabelecer e produzir plantas de milho mesmo que as condições edáficas ou climáticas fora da ideal, mantendo a produção em níveis próximos ao teto produtivo.

1.2 Objetivos

1.2.1 Geral

Avaliar o quanto o vigor de sementes impacta no crescimento, desenvolvimento e produtividade do milho quando a semente é exposta a diferentes temperaturas de solos em condições reais de campo.

.

1.2.2 Específicos

Avaliar o impacto do estande da cultura do milho pós semeadura em diferentes temperaturas de solo, quantificando o número de plantas estabelecidas.

Analisar como o vigor de sementes é capaz de impactar na produtividade e seus componentes na cultura do milho.

Identificar a melhor porcentagem de vigor e o melhor cenário (temperatura de solo) para o plantio e estabelecimento da cultura do milho no Rio Grande do Sul na região das missões.

2 RESULTADOS E DISCUSSÕES

2.1 CAPÍTULO 1 - INFLUÊNCIA DO VIGOR DE SEMENTES E TEMPERATURA DE SOLO NO DESENVOLVIMENTO DA CULTURA DO MILHO

INFLUÊNCIA DO VIGOR DE SEMENTES E TEMPERATURA DE SOLO NO DESENVOLVIMENTO DA CULTURA DO MILHO

INFLUENCE OF SEED VIGOR AND SOIL TEMPERATURE ON MAIZE CROP DEVELOPMENT

Diogo Witczak dos Santos

Rafael Pivotto Bortolotto

Resumo: O milho é uma cultura de grande importância no mercado agrícola brasileiro. O seu potencial de produção é definido pelo clima e pode ser mantido pelo manejo realizado na lavoura. O vigor das sementes é um fator genético, e, portanto, está entre os fatores que definem o potencial da lavoura de milho, podendo ser afetado diretamente pelas condições ambientais. O objetivo deste trabalho foi avaliar quanto o vigor de sementes poderá impactar na produtividade do milho, quando a semente é exposta a diferentes temperaturas. O experimento foi realizado em Santa Vitória das Missões, Rio Grande do Sul na safra 2019/2020. Foram testados quatro grupos de sementes com diferentes porcentagens de germinação (G) e vigor (V) em duas épocas de semeadura: grupo 1, 96% G- 91% V; grupo 2, 95%G – 95% V; grupo 3, 99% G - 93% V e grupo 4, 91% G – 90% V. A primeira época de semeadura foi no decêndio do mês de agosto e a segunda época último decêndio, com temperatura do ar e do solo de 22°C e 16°C e 26°C e 22°C, respectivamente. O híbrido utilizado foi o DKB230PRO4. Os efeitos do vigor da semente foram expressos na emergência, no crescimento inicial, e no desenvolvimento, com impactos positivos nos componentes de rendimento e produtividade final.

Palavras-chave: Crescimento. *Zea mays*. Componentes de rendimento.

Abstract: Corn is a crop of great importance in the Brazilian agricultural market. Its production potential is defined by the climate and can be maintained by the management carried out in the crop. Seed vigor is a genetic factor, and therefore is among the factors that define the potential of corn crops, and can be directly affected by environmental conditions. The objective of this study was to evaluate how much seed vigor can impact corn yield when the seed is exposed to different temperatures. The experiment was carried out in Santa Vitória das Missões, Rio Grande do Sul in the 2019/2020 harvest. Four groups of seeds were tested with different percentages of germination (G) and vigor (V) at two sowing dates: group 1, 96% G- 91% V; group 2, 95%F – 95% V; group 3, 99% G - 93% V and group 4, 91% G - 90% V. The first sowing time was in the decade of August and the second time in the last decade, with air and soil

temperatures of 22°C and 16°C and 26°C and 22°C, respectively. The hybrid used was the DKB230PRO4. The effects of seed vigor were expressed in emergence, initial growth, and development, with impacts on yield components and final yield.

Keywords: Growth. Zea mays. Yield components.

1 INTRODUÇÃO

1.1 A cultura do milho

A Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO, 2023), afirma que cerca de 2,8 bilhões de toneladas de grãos de milho são produzidos atualmente no mundo. Na safra 2019/2020, a produção de milho chegou a atingir 1,12 bilhão de toneladas, o que representa mais de 45% do total de grãos produzidos no mundo. Entre as safras de 2005/06 e 2019/20, ocorreu um crescimento de 60% na produção mundial de milho (FAO, 2024).

Já no Brasil, a produção cresceu mais de 130% entre as safras de 2003/04 e 2019/20, sendo que o consumo aumentou 75% no mesmo período. Em 2021, o Brasil atingiu o posto de maior exportador em valor de grãos (22,4%) (ARAGÃO *et al.*, 2022). No Rio Grande do Sul, a cultura possui uma importância socioeconômica significativa, já que ocupa 15% do total das áreas semeadas com cultivos de primavera-verão, isso somadas as áreas para silagem e produção de grãos (EICHOLZ *et al.*, 2020).

Em 2020 a Secretaria de Agricultura da Agricultura, Pecuária e Desenvolvimento Rural (SEAPDR) do Rio Grande do Sul divulgou um relatório produzido pela Emater/RS-ASCAR, a partir de números da CONAB, com um diagnóstico que apresenta informações sobre a cultura do milho, com dados de séries históricas das safras de 1976/77 até 2019/20 para área plantada, produção e produtividade; e a série mensal de 1974 até fevereiro de 2020, para o acompanhamento de preços realizados pela EMATER/RS.

Os dados mostram que, no que concerne à área plantada, a área média plantada do RS comparada à brasileira no período entre as safras 1976/77 até a 2019/20, equivaliu a 1.471 mil hectares, correspondendo a 10,8% área de cultivo do milho do país. Ainda conforme o relatório, entre 1976/77 até a safra 1991/92 as áreas tiveram um comportamento crescente, chegando a um pico histórico de 2.010 mil hectares em 1991/92. Depois disso, o panorama muda e há uma oscilação entre as safras. De acordo com o relatório: (EMATER, 2020, s/p) nas últimas safras tivemos uma redução de 36,5% na extensão média de cultivo de milho no RS.

O diagnóstico explica que tal comportamento ocorreu por conta de fatores condicionantes, como os efeitos climáticos, tendo em vista que as recorrentes anormalidades do tempo, seja elas estiagens ou precipitações excessivas, causam frustrações às safras. Além disso, a disponibilidade de crédito rural para viabilizar o acesso aos fatores de produção como insumos, aquisição e/ou manutenção de máquinas e equipamentos, o seguro agrícola para cobertura do capital investido diante de situações de risco, o zoneamento agrícola e o aumento de produtividade, são fatores condicionantes para tais resultados.

Esses números indicam mais do que apenas área cultivada, mas também a importância para o cenário da alimentação no mundo. Além da grande produção, Silva (2010) afirma que o milho é uma das culturas mais estudadas do mundo e isso se dá tendo em vista seu valor socioeconômico, já que é um grão utilizado na alimentação de humanos e animais, bem como para produção de biocombustível. Desse modo, pesquisar vigor e temperatura com o intuito de melhorar a produtividade dos grãos, se torna indispensável.

É imprescindível destacar que o melhoramento genético tem sido a forma mais concreta para aumentar a produção e a qualidade dos alimentos. O ganho do potencial produtivo que se tem através dos programas de melhoramento, torna cada vez mais difícil a produção sem o uso desses materiais, pois as produtividades ficam longe de serem alcançadas. (PEIXOTO *et al.*, 2018)

Um dos maiores problemas debatidos na atualidade são os efeitos das mudanças climáticas, o desequilíbrio causado por condições meteorológicas adversas, como alteração do padrão de temperatura, umidade do ar e precipitação, afeta significativamente o estabelecimento da cultura, a temperatura de solo e o déficit hídrico provocam a diminuição do período de crescimento e desenvolvimento das plantas, culminando com a redução na produtividade.

1.1 Vigor de sementes de milho

Considerando que este cereal é cultivado em diferentes regiões, onde há variações de temperatura, é importante voltar o olhar para a qualidade das sementes, buscando sempre mais produtividade e qualidade ao final das safras. Sendo assim, o teste de vigor é uma ferramenta de monitoramento dos lotes de sementes que tem como principal objetivo avaliar de forma controlada e observar o desempenho do potencial da semente no campo, tanto em condições favoráveis como em condições desfavoráveis (GRZYBOWSKI; VIEIRA; PANOBIANCO, 2015).

De acordo com Toledo *et al.*, (2009), entende-se por vigor, um atributo abrangente, que compreende inúmeras propriedades das sementes, como por exemplo a velocidade de germinação, uniformidade de emergência e desenvolvimento da plântula. O vigor, é capaz de refletir a capacidade da planta adulta produzir bem no campo, mas para isso, um teste de laboratório, que é bem difícil de ser elaborado, pode indicar confiavelmente todas as qualidades do vigor. Segundo a Associação Brasileira de Tecnologia de Sementes (ABRATES), o teste de vigor é essencial para garantir a qualidade das sementes, uma vez que apresentam baixo potencial fisiológico resultam em plantas fracas, com baixo rendimento e susceptíveis a doenças e pragas.

Existem algumas doenças como a podridão do colmo, causada pelo fungo *Pythium aphanidermatum*. Esse fungo invade os tecidos verdes do colmo da planta de milho adulta, geralmente no primeiro entrenó, e causa o tombamento da planta. Sobrevive no solo, e causa também tombamento de plântulas. A podridão em plantas adultas é favorecida pelo encharcamento do solo, em temperaturas altas, em torno de 32° C. Porém, as temperaturas em torno de 13° C atrasam a emergência das plântulas, favorecendo o tombamento no início do desenvolvimento (SABATO, 2014).

Em 1977, Popinigis já afirmava que o vigor chega em seu ápice quando a semente completa a sua maturação fisiológica, salvo em alguns casos em que se manifesta dormência, este ponto seria a base para os produtores terem uma semente na hora da semeadura com total potencial. Porém, não é isto que observasse na prática, muitos lotes de sementes apresentam desempenho satisfatórios no que se trata em germinação em testes de laboratórios, conforme os métodos estabelecidos nas Regras para Análise de Sementes - RAS (BRASIL, 2009), mas na hora de sua emergência a plântulas se apresentam de forma insatisfatória, este motivo levou a iniciar estudos acerca de vigor de semente, onde ensaios permitiram detectar e avaliar o comportamento da semente, desde a planta mãe até o momento da semeadura pelo produtor (TOLEDO *et al.*, 1999).

Por meio de testes de vigor, procura-se detectar as diferenças no potencial fisiológico de lotes de sementes com germinação semelhante, sendo possível obter informações adicionais às que são fornecidas pelo teste de germinação. Assim, os resultados podem diferenciar os lotes de alto ou de baixo vigor (MENDONÇA *et al.*, 2008). Os testes de vigor são usados para diferenciar os níveis de vigor entre as sementes, podendo indicar as diferenças também entre lotes, o que possibilita caracterizar a qualidade fisiológica, bem como entender as informações acerca de como a exposição das sementes, seja no campo ou no armazenamento, interferem no resultado do desempenho.

O vigor da semente determina se ela pode germinar, o grau de uniformidade na emergência das plântulas e a resistência da planta adulta a doenças, que geralmente é usado como um indicador crítico para avaliar a qualidade das sementes de milho (WANG *et al.*, 2020). A identificação do vigor das sementes é a base do teste varietal e é de grande importância para a seleção e melhoramento de novas variedades (HAO, 2020). Durante a pós-colheita, a viabilidade das sementes pode ser perdida devido ao manuseio inadequado que resulta em injúrias térmicas ou danos físicos. No armazenamento, a respiração das sementes produz grandes quantidades de água e calor, o que também pode causar o envelhecimento das sementes e, assim, afetar o seu vigor (XIA *et al.*, 2019). Portanto, a discriminação precisa do vigor das sementes antes da semeadura pode selecionar com eficácia sementes de alta qualidade para plantio. Pode melhorar significativamente o rendimento e a qualidade do milho, promovendo assim o desenvolvimento agrícola e a estabilidade econômica.

Marcos Filho (1999) também reitera que é imprescindível que se tenha métodos adequados para interpretação dos resultados. Dutra *et al.*, (2007), pontua que a qualidade das sementes deve ser observada e ter atenção especial. Sementes com potencial de vigor mais baixos, com qualidade inferior, vão acarretar prejuízos econômicos, já que vão originar lavouras com menor população de plantas.

1.2 Temperatura do solo

A germinação das sementes, o crescimento e estabelecimento das plântulas são extremamente suscetíveis a fatores ambientais. Por exemplo, a germinação de sementes é um processo fisiológico complexo e é altamente responsivo a fatores externos, como temperatura. Para a germinação de sementes, existem três temperaturas cardinais, nomeadamente T_o (temperatura ideal), T_b (temperatura basal inferior) e T_c (temperatura basal superior), que devem ser entendidos ao determinar a demanda de temperatura adequada e a data de semeadura (BEWLEY *et al.*, 2013; SAEED *et al.*, 2022). Os dados apontam que não são recomendadas para o cereal, regiões em que o período do verão possua temperaturas médias diárias inferiores a 19°C e noites com temperaturas médias abaixo de $12,8^\circ\text{C}$. Ao se tratar de solo a temperatura inferior a 10°C e superior a 42°C prejudicam diretamente a germinação das sementes. Já na cultura do milho se a temperatura do solo estiver abaixo de 15°C a taxa de plantas anormais aumenta significativamente, ainda mais se estiver aliado a uma umidade de solo elevada (EMBRAPA, 2015).

Contudo a densidade de plantas é um dos componentes mais importante na determinação do potencial produtivo da lavoura (ALMEIDA JÚNIOR *et al.*, 2017). Dependendo do híbrido, da densidade populacional e do ambiente, a planta pode aumentar a eficiência do uso dos recursos naturais disponíveis para expressão do máximo potencial produtivo além do aumento de plantas estéreis, as reduções do rendimento de grãos com a elevação da densidade de plantas são atribuídas ao decréscimo do número de grãos por espiga (CICCHINO *et al.*, 2010). cuidado estará em adequar a densidade correta para cada ambiente, já que ao qualquer erro a chance de obtermos plantas dominadas é muito grande.

A temperatura, não apenas de solo como a de ambiente e responsável pelas altas produtividades na cultura do milho, o início da semeadura com umidade de solo e temperatura de solo de $\geq 16^{\circ}\text{C}$ é um indicativo inicial para altas produtividades, pois como citado anteriormente densidade de planta é um dos principais componentes de produtividade. As regiões com maior produção de milho no Rio Grande do Sul (região norte) contam com uma altitude maior e um média de temperatura do ar mais amena, ao contrário de regiões mais baixas (região das missões) que a temperatura do ar é mais alta. Porém devido o melhoramento genético e boas práticas agrônômicas este conceito vem mudando e já se pode alcançar altas produtividades com temperatura do ar mais alta e altitudes mais baixos, se comprova isso no recorde de produtividade de milho no Rio Grande do Sul de $18,0 \text{ t ha}^{-1}$ em Eldorado do Sul com uma altitude de 42 m e temperaturas do ar bastante elevada, (EICHOLZ *et al.*, 2020).

No caso do Rio Grande do Sul, o estado possui condições adequadas de clima e solo que permitem o cultivo de milho em todas as regiões edafoclimáticas. Os principais fatores que fazem o produtor determinar sua época de semeadura são, o risco de stress hídrico, baixas temperaturas de solo e de geadas após a emergência; rotação e sucessão de culturas (EICHOLZ *et al.*, 2020). Assim, nas regiões mais quentes, as semeaduras são realizadas desde julho até janeiro, já nas mais frias, a faixa de época de semeadura é mais restrita, de outubro a início de dezembro.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi conduzida no campo experimental da Agrofutura localizado na Esquina Redin, latitude 28.39425 S e longitude 54.40572 O, no interior do município de Vitória das Missões, Rio Grande do Sul/BR. De acordo com Koppen e Geier (PEEL *et al.*, 2007), o clima da região é do tipo Cfa, com chuvas regulares ao longo do ciclo da cultura do milho e o solo é

classificado como Latossolo Vermelho Distrófico (saturação por bases baixa ($V < 50\%$) na maior parte dos primeiros 100cm do horizonte B (inclusive BA). (SIBCS, 2018).

O delineamento foi de blocos ao acaso composto de quatro níveis de germinação e vigor de sementes, com quatro repetições em duas épocas de semeadura. Os valores de germinação (G) e vigor (V) testados compõem os tratamentos desta pesquisa (Tabela 1)

A primeira época de semeadura foi 12/08/2022 e a segunda época 26/08/2022, com temperatura do ar e do solo de 22°C e 16°C e 26°C e 22°C, respectivamente. A semeadura foi realizada de forma mecanizada utilizando 7 linhas para cada tratamento, com espaçamento de 0,45 metros entre linhas. Cada bloco tinha 2,25x2 metros, onde a área total será representada por 216 m², a densidade de sementes utilizada foi de 79 mil plantas ha⁻¹. A adubação realizada foi de 270 Kg de NPK (fórmula 10-30-20) e 520 Kg de ureia em cobertura, parcelada em duas vezes. O manejo fitossanitário foi determinado pelo monitoramento da área.

Tabela 1. Divisão dos grupos de germinação e vigor das sementes.

Tratamento	Lote	Germinação	Vigor	
			Envelhecimento acelerado	Teste de frio
T1	645	96%	88%	91%
T2	573	95%	93%	95%
T3	572	99%	93%	93%
T4	640	91%	87%	90%

As primeiras duas épocas de semeadura aconteceram no dia 08 e 26 de agosto de 2022. O híbrido semeado foi do DKB230PRO4 da empresa da DEKALB. Este híbrido utilizado possui proteção a insetos mastigadores na parte aérea e proteção de raiz e ainda contém um gene com tolerância Roundup Ready. A principal vantagem deste híbrido é sua estabilidade produtiva na região e por ser o híbrido mais plantado na região das missões. A adubação foi baseada e calculada com base na análise de solo e da necessidade da cultura descrita no manual de calagem para os estados do Rio Grande Sul e Santa Catarina (2016).

Os parâmetros avaliados (tabela 2) foram: velocidade de emergência, altura de planta com uma trena do solo até a inserção da última, plantas dominadas, altura de inflorescência e diâmetro basal no segundo entre nó com auxílio de um paquímetro (FERREIRA *et al.*, 2015). Os demais componentes avaliados foram: comprimento de espiga (CE), peso do sabugo (PS), diâmetro de espiga (DE), número de fileiras de grãos por espiga (NFE), número de grãos por espiga (NGE), peso de mil grãos (PMG), produção de grãos por planta (PGP) e produção de grãos por hectare (PGH) (SANTOS *et al.*, 2015).

Tabela 2. Parâmetros avaliados.

Época 1					Época 2			
Data de semeadura	12/08/2022				26/08/2022			
TA (° C)	22				26			
TS (° C)	16				22			
Grupo	1	2	3	4	1	2	3	4
Vigor	91%	95%	93%	90%	91%	95%	93%	90%
Germinação	96%	95%	99%	91%	96%	95%	99%	91%
NPD	0,03	0,01	0,02	0,04	0,02	0,00	0,00	0,02
AE	146,00	150,00	148,00	138,00	151,00	150,00	152,00	148,00
AP	203,00	208,00	211,00	198,00	206,00	208,00	205,00	204,00
PE	96,00	100,00	102,00	94,00	107,00	106,00	109,00	105,00
PS	46,00	46,00	48,00	42,00	48,00	46,00	48,00	46,00
PGE	50,00	54,00	54,00	52,00	59,00	60,00	61,00	59,00
CE	11,00	12,00	12,00	11,55	13,00	14,00	14,00	12,00
NFE	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00
NGE	286,00	292,00	296,00	284,50	306,25	308,00	308,00	306,00
PMS	174,80	202,05	207,21	183,10	189,58	201,28	207,80	207,80
NEV	56499,44	59999,40	66277,12	52666,14	62499,38	64999,35	65832,68	61110,50
PF (KG)	2822,19	3239,41	3578,96	2741,92	3687,52	3899,91	4015,24	3604,58
PF (SCS)	47,04	53,99	59,65	45,70	61,46	65,00	66,92	60,08

Legenda: Temperatura do ar (TA); Temperatura do solo (TS); Dias para emergência (DPE); nº de plantas dominadas/parcela média (NPD); nº de plantas dominadas/há (NPDHA); altura da espiga (cm) (AE); diâmetro do colmo (cm) (DC); altura da planta (cm) (AP); peso da espiga (g) (PE); peso do sabugo (g) (PS); peso de grão por espiga (g) (PGE); comprimento da espiga (cm) (CE); nº de fileiras por espiga (NFE); nº de grão por espiga (NGE); peso de mil sementes (PMS); nº de plantas (espiga) viáveis (NEV); produtividade final (kg) (PF); produtividade final (sacas) (PF).

Os dados foram submetidos aos modelos lineares, sendo os resíduos submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk e homogeneidade das variâncias de Bartlett. Após atendido os pressupostos estatísticos, estes foram submetidos a análise de variância bifatorial (ANOVA two way). Havendo significância estatística ($p < 0,05$), as médias foram comparadas por meio do teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve efeito significativo na velocidade de emergência (Figura 1A) entre épocas de semeadura e tratamentos ($p = 1$). Ao analisar os efeitos simples, novamente não foi obtido

efeito significativo para a variável tratamento ($p = 1$). Entretanto, notou-se efeito significativo para a época de semeadura ($p < 0.001$). Em relação ao número de plantas por hectare (Figura 1B) identificou-se efeitos significativos para a interação entre época de semeadura e tratamentos ($p = 0,002$). Para três dos quatro tratamentos avaliados, houve maior número de plantas por hectare para segunda época de semeadura.

A época de semeadura é um fator muito importante que define o quanto dos recursos naturais do ambiente estarão disponíveis para a planta (Van Ittersum e Rabbinge, 1997). A menor temperatura do solo impactou diretamente na velocidade de emergência do milho, levando em média três dias a mais para emergência das plantas (Figura 1A). Um fator interessante é que a menor velocidade de emergência em épocas mais precoces interferiu na população inicial de plantas (Figura 1b). Guan *et al.*, (2009) relatam que baixas temperaturas induzem danos na membrana celular e afetam as funções fisiológicas das plantas, além de atrasar ou impedir o processo de germinação, deixando as sementes mais suscetíveis a fatores adversos.

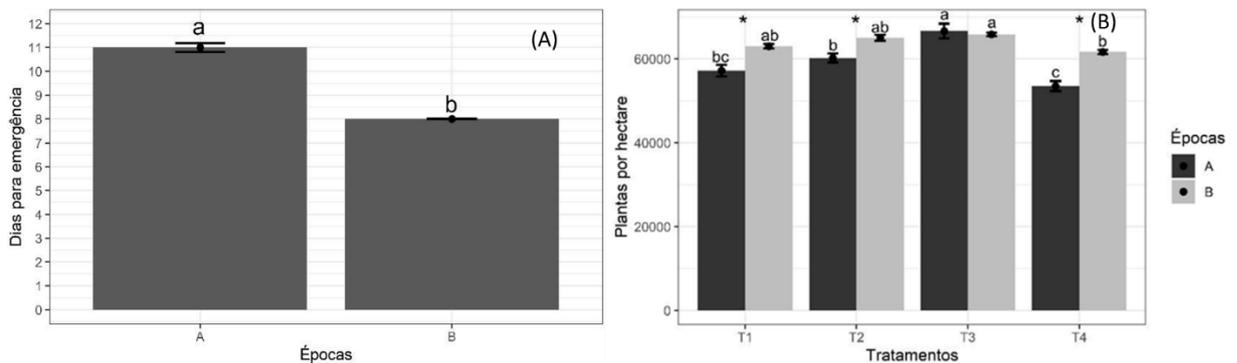


Figura 1. Dias para emergência total de plantas de milho em função da época de semeadura. A = 12/08/2022, B = 26/08/2022 (A). Número de plantas por hectare em função do tratamento (T1:T4) e da época de semeadura. A = 12/08/2022, B = 26/08/2022. Barras indicam o erro padrão médio. O asterisco “*” refere-se a diferença entre épocas de semeadura para cada tratamento. Letras iguais não diferem estatisticamente entre si para os tratamentos em cada época de semeadura pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Não houve efeitos interativos significativos entre plantas dominadas ha^{-1} (Figura 2), época de semeadura e os tratamentos ($p = 0,94$). Também não foi observado efeito isolado para época de semeadura ($p = 0,07$). Entretanto, houve efeitos isolados para o tratamento ($p = 0,01$), indicando efeitos proeminentes da germinação e do vigor das sementes em detrimento da época de semeadura.

A época de semeadura não impactou diretamente no fator número de plantas dominadas por hectare, entretanto, houve mais plantas dominadas por área nos tratamentos com menor vigor de germinação (Figura 2). Resultados como estes já foram encontrados por Schuch *et al.*, (2000) em aveia-preta e por Mondo *et al.*, (2012a;2013b;2015) que constatou que o vigor de sementes está diretamente relacionado ao crescimento inicial das plantas de milho, podendo se estender ao longo do ciclo.

Apesar de não haver diferença significativa entre velocidade e vigor de semente neste trabalho, mesmo analisando os efeitos simples, Sbrussi *et al.*, (2014) indicam na sua pesquisa com sementes de milho que temperaturas baixas retardam a germinação das sementes, principalmente às de baixo vigor, e lotes de maior vigor possuem maior desempenho germinativo em todas as temperaturas, porém com destaque em temperaturas supra-ótimas.

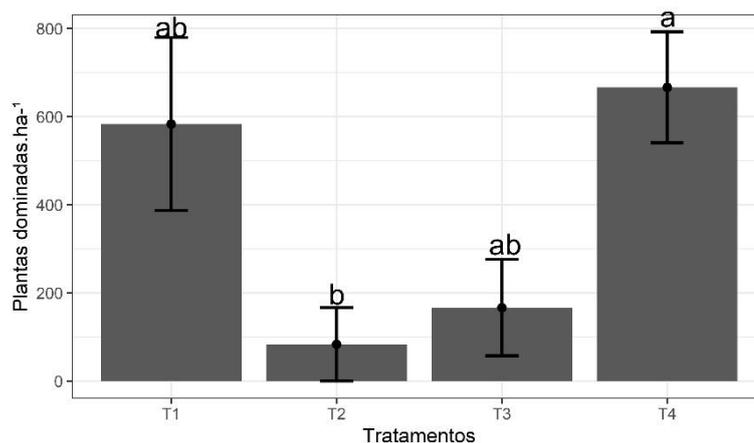


Figura 2. Número de plantas dominadas por hectare em função do tratamento (T1:T4). Barras indicam erro padrão da média. Letras iguais não diferem estatisticamente entre si para os tratamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Diferenças significativas ocorreram somente para os tratamentos T4 e T2, com maior e menor número de plantas dominadas, respectivamente (Figura 3). Destaca-se que o tratamento T4, apresenta percentuais relativamente baixos de vigor e germinação (91% de vigor e 90% de germinação), enquanto o T2 apresenta percentuais superiores (95% de vigor e 95% de germinação).

Para a componente altura de espiga (Figura 3A) houve efeito significativo para interação entre os fatores época de semeadura e tratamentos ($p < 0,001$). Para o tratamento T1, verificou-se espigas posicionadas significativamente mais altas na segunda época de semeadura. Para o tratamento T2, não houve efeito da época de semeadura. Para T3, novamente a segunda época

apresentou espigas posicionadas em maior altura, mesmo efeito observado para o T4. Entre os tratamentos, para primeira época verificou-se que o T2 teve espigas significativamente superior aos tratamentos T1 e T4. Na segunda época de semeadura, os tratamentos T3 e T1 tiveram espigas superiores. Para a altura de plantas (Figura 3 B) identificou efeitos interativos significativos para os fatores época de semeadura e tratamentos ($p < 0,001$). Para o tratamento T1, houve plantas significativamente mais altas na segunda época de semeadura, já o T2 não apresentou diferenças significativas. Por outro lado, o T3 apresentou plantas maiores para primeira época de semeadura, enquanto T4 teve resultado inverso. Entre os tratamentos, na primeira época de semeadura, T3 apresentou plantas significativamente mais altas, enquanto para segunda época os tratamentos T2 e T1 foram superiores

A altura de inserção da espiga e altura de plantas (Figura 3 A, B) é um componente secundário de produtividade e que tem grande relação com a quantidade de radiação solar incidente (RIBEIRO et al., 2020). Se olharmos isoladamente, o tratamento com maior vigor (T2) não apresentou diferença significativa para época em relação à altura de espiga, mas foi significativo para altura de planta, sendo a época mais precoce a que apresentou inserção de espiga e plantas mais altas. Isto mostra que a época mais precoce, conseqüentemente com menos radiação solar e temperaturas mais baixas para o desenvolvimento inicial, proporcionou maior crescimento para as plantas. Este mesmo efeito ocorre em altas população de plantas, o auto sombreamento estimula o crescimento apical em busca de luz solar, conseqüentemente a inserção da espiga e altura de plantas são maiores (GONZALES *et al.*, 2018). O tratamento com menor vigor (T4) teve maior crescimento quando a época de semeadura foi no final de agosto, ou seja, o menor vigor da semente foi compensado pela melhor condição ambiental.

Esta mesma discussão se reflete nos próximos componentes de produtividades, o peso da espiga (Figura 3C), número de grão por espiga (Figura 3E), peso de mil grãos (Figura 3 F) e número de espigas viáveis por área (Figura 3G) que sempre apresentaram menores valores na época 1.

Para o peso de espigas (Figura 3 C), houve interação significativa entre os fatores épocas de semeadura e tratamentos ($p = 0,001$). Para todos os tratamentos avaliados, verificou-se maior peso de espigas para segunda época de semeadura. Entre os tratamentos, para primeira época de semeadura, maior peso de espigas foi obtido para os tratamentos T3 e T2. Já para segunda época de semeadura, T3 e T1 foram os que obtiveram maior peso de espigas.

Para o peso de sabugo (Figura 3 D), novamente houve uma interação significativa entre os fatores avaliados ($p = 0,003$). Entre as épocas de semeadura, diferenças significativas ocorreram somente para os tratamentos T1 e T4, os quais apresentaram sabugos mais pesados

para segunda época de semeadura. Entre os tratamentos, para primeira época de semeadura, apenas T4 apresentou diferença significativa, sendo inferior aos demais tratamentos. Já para a segunda época, não houve diferenças significativas.

O número de grãos por espiga (Figura E) foi significativamente impactado pela interação entre época de semeadura e tratamento ($p < 0,001$). Entre épocas de semeadura, verificou-se que para todos os tratamentos houve maior número de grãos por espiga para segunda época de semeadura. Entre os tratamentos, para primeira época de semeadura, houve maior número de grãos para o tratamento T3. Já para segunda época, não houveram diferenças significativas.

O peso de mil grãos (PMG) (Figura F) foi significativamente impactado pela interação entre época de semeadura e os tratamentos ($p < 0,001$). Dentre as épocas avaliadas, somente houve diferenças significativas para os tratamentos T1 e T4, em que ambos tiveram maior PMG na segunda época de semeadura. Dentre os tratamentos, maior PMG foi obtido para o T3 na primeira época de semeadura, já para segunda época, os tratamentos T3 e T4 foram superiores, não diferindo estaticamente entre si.

O número de espigas viáveis (Figura 3 G) foi influenciado significativamente pela interação entre época de semeadura e tratamentos ($p = 0,006$). Dentre as épocas avaliadas, a segunda época de semeadura teve maior número de espigas viáveis para os tratamentos T1, T3 e T4. Não houve diferença estatística para o T2. Dentre os tratamentos, para primeira época de semeadura, houve maior número de espigas viáveis para o T3. Já para segunda época, os tratamentos T3, T2 e T1 foram superiores e não diferiram significativamente entre si. O tratamento T4 foi inferior para as duas épocas de semeadura.

O maior crescimento das plantas em tamanho devido a época de semeadura precoce e com menor incidência de radiação solar, reflete no assincronismo entre a emissão dos órgãos reprodutivos e conseqüentemente inviabiliza as espigas (CICCHINO *et al.*, 2010) (Figura 3 G).

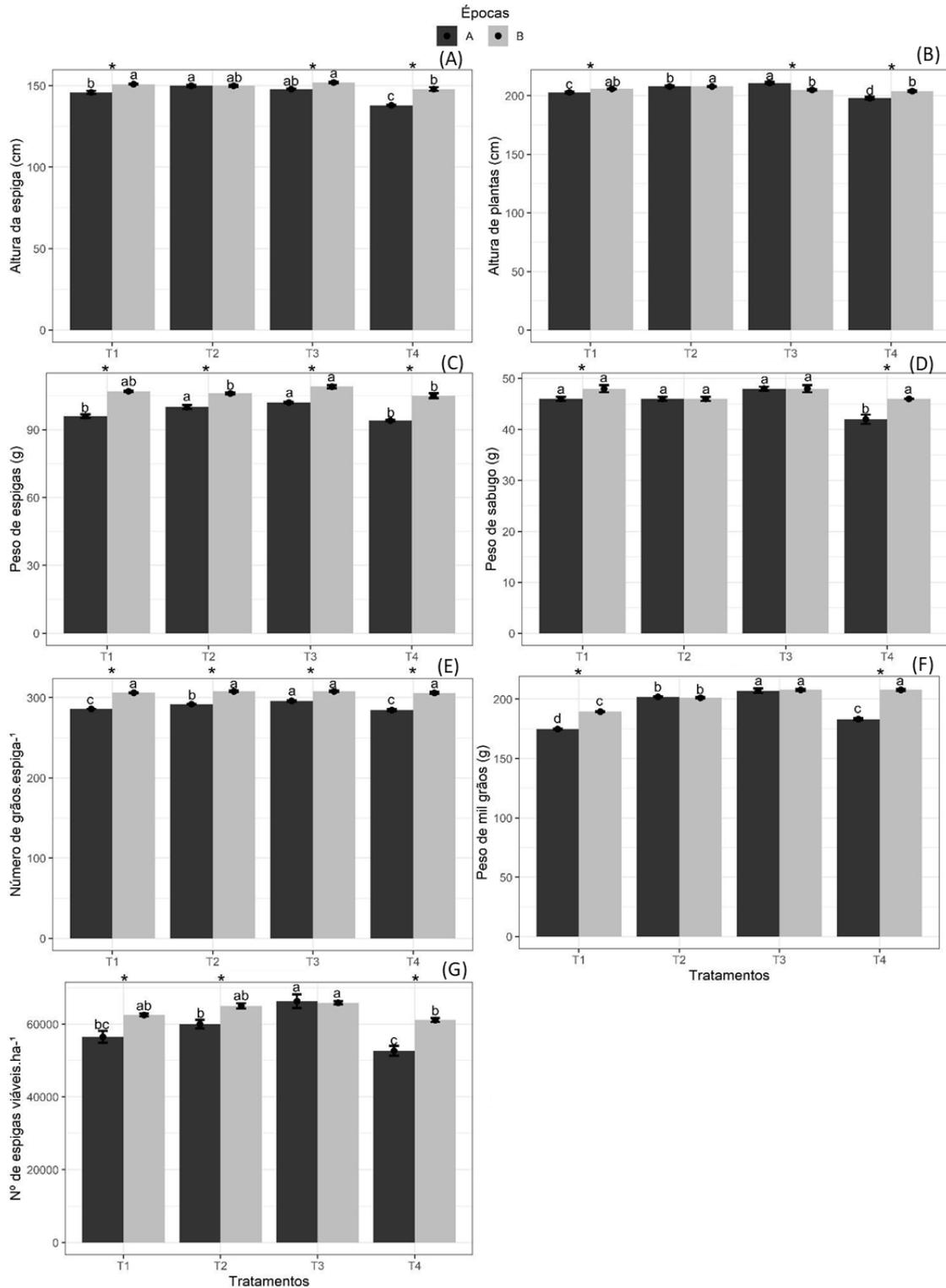


Figura 3. Altura da espiga (cm) (A), Altura de plantas (cm) (B), Peso de espigas (g) (C), Peso de sabugo (g) (D), Número de grãos por espiga (E), Peso de mil grãos (F) e Número de espigas viáveis há⁻¹ (G) em função do tratamento (T1:T4) e da época de semeadura. A = 12/08/2022, B = 26/08/2022. Barras indicam erro padrão da média. O asterisco ‘*’ refere-se a diferença entre épocas de semeadura para cada tratamento. Letras iguais não diferem estatisticamente entre si para os tratamentos em cada época de semeadura pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

De acordo com a ANOVA two way, não houve interação significativa entre comprimento de espiga e os fatores época de semeadura e tratamentos ($p = 0,31$). No entanto, efeitos simples foram significativos tanto para época de semeadura ($p < 0,001$) quanto para os tratamentos ($p = 0,031$). A segunda época de semeadura produziu espigas significativamente superior do que a primeira (Figura 4A). Já para os tratamentos, verificou-se que o tratamento T4 teve espigas significativamente inferiores aos demais tratamentos (Figura 4B). Pimentel *et al.*, (2018) encontrou relação entre sementes de alto nível de vigor e plantas com maior tamanho de espiga para a cultura do trigo.

Para o número de fileiras por espiga, não houve variação entre os tratamentos, sendo estabelecido com 14 fileiras. espiga⁻¹ para todas as amostras, que se explica por ser um fator genético com pouca influência do ambiente e manejo (ABENDROTH, 2011).

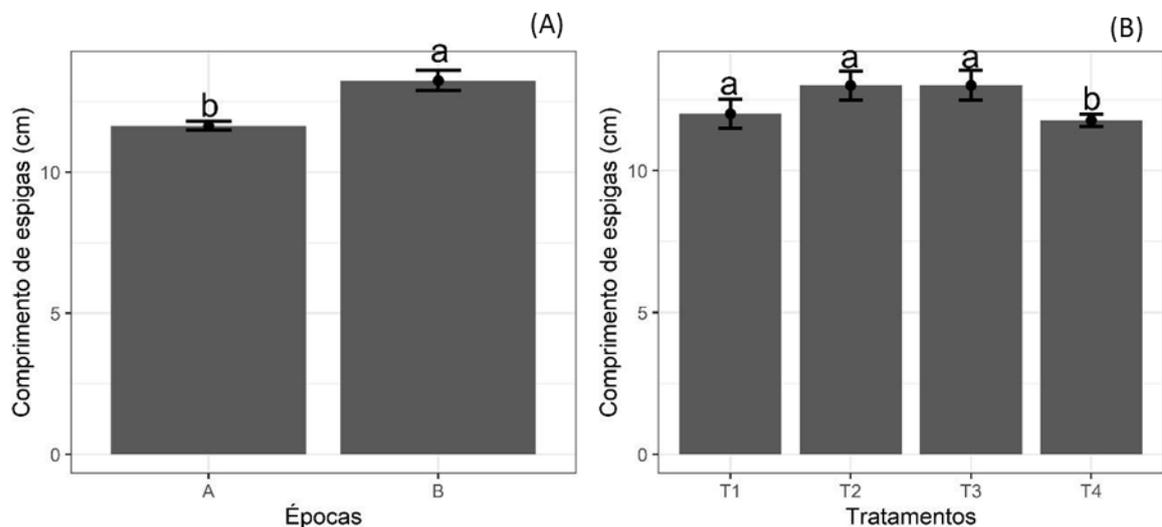


Figura 4. Comprimento de espiga em função da época de semeadura (a) e tratamentos (T1:T4) (b). Barras indicam erro padrão da média. Letras iguais não diferem estatisticamente entre si para os tratamentos pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

A produtividade final foi estatisticamente influenciada pela interação entre os fatores avaliados ($p = 0,02$). Dentre as épocas de semeadura, para todos os tratamentos, houve maior produtividade para segunda época. Dentre os tratamentos, na primeira época de semeadura, maior produtividade foi obtida para o T3 que apresenta um dos maiores valores de vigor de semente. No entanto, para segunda época, apesar do T3 ter sido o tratamento de maior produtividade, este não diferiu significativamente do tratamento T2. Kolchinski *et al.*, (2006), avaliou o crescimento individual de plantas em populações de plantas de soja e verificou que as plantas provenientes de sementes de alto vigor apresentaram maior produtividade de grãos. Resultados semelhantes foram encontrados por Melo *et al.*, (2006b) e Mielezrski *et al.*, (2008), em trabalhos com sementes de arroz, mostrando que plantas originadas de sementes de alto

vigor apresentaram produtividade superior às plantas originadas de sementes de vigor mais baixo.

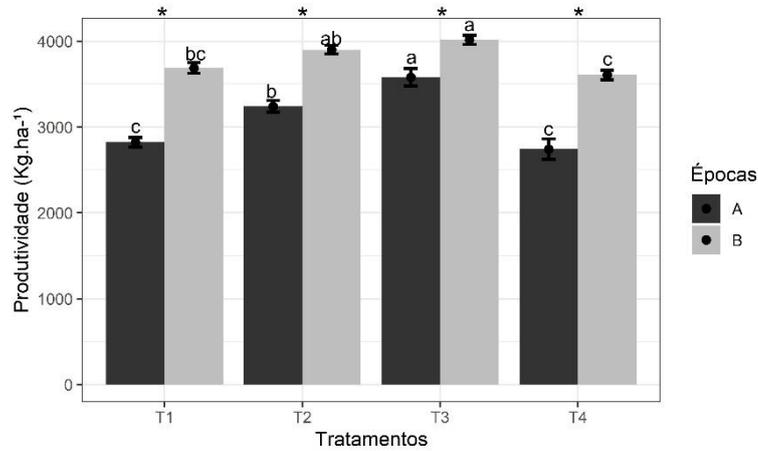


Figura 5. Produtividade (Kg ha⁻¹) em função do tratamento (T1:T4) e da época de semeadura. A = 12/08/2022, B = 26/08/2022. Barras indicam erro padrão da média. O asterisco ‘*’ refere-se a diferença entre épocas de semeadura para cada tratamento. Letras iguais não diferem estatisticamente entre si para os tratamentos em cada época de semeadura pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

4 CONCLUSÃO

Os resultados deste trabalho mostram os efeitos do vigor da semente expressos na emergência de plântulas de milho, no crescimento inicial, e no desenvolvimento das plantas, com impactos positivos nos componentes de rendimento. Os parâmetros número de plantas dominas (NPD), altura de espiga (AE), altura de planta (AP), peso de espiga (PE), peso de grãos por espiga (PGE), número de grãos por espiga (NGE), peso de mil grãos (PMS), número de espigas viáveis (NEV) e produtividade final de grãos (PFO) foram superiores nos grupos com maior vigor de sementes (grupo 2 e 3). O grupo 3, com 99% de germinação e 93% de vigor, produziu 10,7 sacos ha⁻¹ a mais que os outros na primeira época e 4,7 sacos ha⁻¹ a mais na segunda época.

5 REFERÊNCIAS

ABENDROTH, L. J. et al. Corn growth and development. Ames, Iowa: Iowa State University Extension, 2011. 49 p.

ABRAMILHO- Associação Brasileira dos Produtores de Milho (Dados Estatísticos), 2021. Disponível em <https://www.abramilho.org.br/> Acesso em: 09 de Junho de 2022.

ALMEIDA JÚNIOR, J.J. PEROZINE, A. C.; SANTOS, G. A.; SMILJANIC, K. B. A.; MATOS, F. S. A. 2017. Atributos do Solo em Modalidade de Semeadura na Consorciação de Milho com Forrageiras. Nucleus, v.14, n.1.

ARAGÃO, A. e CONTINI, E; 2022. O AGRO NO BRASIL E NO MUNDO – UM PANORAMA DO PERÍODO DE 2000 A 2021. EMBRAPA, ed. 1. Disponível em <
[ARSHAD K, ULLAH A, ULLAH S, et al. 2022. Quantifying Osmotic Stress and Temperature Effects on Germination and Seedlings Growth of Fenugreek \(*Trigonella foenum-graecum* L.\) via Hydrothermal Time Model. Sustainability.14:12049.](https://www.embrapa.br/documents/10180/26187851/O+agro+no+Brasil+e+no+mundo/098fc6c1-a4b47150fad7aaa026c94a40#:~:text=No%20per%C3%ADodo%20de%202000%20a,destaque%20para%20EUA%20e%20China.&text=O%20Brasil%20exportou%2C%20em%202021,3%25%20do%20total%20mundial%20comercializado.></p>
</div>
<div data-bbox=)

ATASHI S, BAKHSHANDEH E, MEHDIPOUR M, et al. 2015 Application of a hydrothermal time seed germination model using the Weibull distribution to describe b.se water potential in zucchini (*Cucurbita pepo* L.). J Plant Growth Regul; 34:150–7.

BEWLEY JD, BRADFORD KJ, HILHORST HWM, NONOGAKI H. 2013. Seeds: physiology of development and germination. Springer Science & Business Media. New York: Springer; 978-1-4614-4693-4. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4693-4>.

BRASIL. 2009. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Regras para análise de sementes. SNDA/DNDV/CLAV, Brasília.

C. XIA, H. YANG, G. ZHU, AND J. QIN. 2019. **Maize seed classification using hyperspectral image coupled with multi-linear discriminant analysis**. Infrared Physics & Technology, vol. 103, Article ID 103077.

CICCHINO, M.; RATTALINO EDREIRA, J.I.; URIBELARREA, M.; OTEGUI, M.E. 2010. Heat stress in field-grown maize: response of physiological determinants of grain yield. Crop Science, v.50, p.1438-1448. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci2009.10.0574>.

CONAB: Companhia Nacional de Abastecimento- Safra brasileira de grãos (Boletim de grãos 22/07/21). Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/graos>. Acesso em: 11 de Novembro de 2023

DIAS, D. C. F. S.; MARCOS FILHO, J. 1995. **Teste de vigor baseados na permeabilidade de membranas celulares: II Lixiviação de potássio**. Informativo ABRATES, Brasília, v. 5, n. 1, p. 37-41.

DUTRA, A.S.; TEOFILLO, E.M.; MEDEIROS FILHO, S.; DIAS, F.T.C. 2007. **Qualidade fisiológica de sementes de feijão em quatro regiões do Estado do Ceara**. Revista Brasileira de Sementes, v.29, n.2, p. 111-116.

EICHOLZ, E. D.; BREDEMEIER, C.; BERMUDEZ, F.; MACHADO, J. R. A.; GARRAFA, M.; BISPO, N. B. & AIRES, R. F. 2020. **Informações técnicas para o cultivo do milho e sorgo na região subtropical do Brasil: safras 2019/20 e 2020/21**. Embrapa Clima Temperado-Livro técnico (INFOTECA-E). Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2020. Disponível em: <https://www.agricultura.rs.gov.br/upload/arquivos/202011/23092828-informacoes-tecnicas-para-o-cultivo-do-milho-e-sorgo-na-regiao-subtropical-do-brasil-safras-2019-20-e-2020-21.pdf> Acesso em: 10 jun 2022.

EMBRAPA. **Indicações Técnicas para o cultivo de Milho e Sorgo no Rio Grande do Sul Safra 2017/18 e 2018/19** (62ª Reunião Técnica Anual da Pesquisa do Milho e 45ª Reunião Técnica da Pesquisa do Sorgo), 2017. Disponível em: <https://www.agricultura.rs.gov.br/upload/arquivos/202003/12103455-livro-indicacoes-tecnicas-milho-sorgo-2017-18-e-18-2019.pdf> Acesso em: 17 de Agosto de 2021

FERREIRA, J. P., et al. 2017. **Componentes de Produção e produtividade do milho consorciado com forrageira sob diferentes espaçamentos em plantio direto no cerrado**.

GONZALEZ VH, TOLLENAAR M, BOWMAN A, Good B, Lee EA. 2018. Maize yield potential and density tolerance. *Crop Sci* 58:472–485.

GRZYBOWSKI, C. R. de S.; VIEIRA, R. D.; PANOBIANCO, M. 2015. **Testes de estresse na germinação do vigor de sementes de milho**. *Revista Ciências Agrônômica*. v. 46, n. 3, p. 590-596, jul-set. Disponível em: < <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20150042>>. Acesso em: 10 novembro 2023.

GUAN, Y.; HU, J.; WANG, X.; SHAO, C. 2009. Seed priming with chitosan improves maize germination and seedling growth in relation to physiological changes under low temperature stress. *Seed Science Center, Crosschecked*, v. 10, n. 6, p. 427-433, apr.

HAO, Q. ET AL. 2020. Evaluation of seed vigor in soybean germplasms from different eco-regions. *Oil Crop Sci*. 5, 22–25. <https://doi.org/10.1016/j.ocsci.2020.03.006>

KOLCHINSKI, E.M.; SCHUCH, L.O.B.; PESKE, S.T. 2006. Crescimento de soja em função do vigor das sementes. *Revista Brasileira de Agrociência*, v.12, n.2, p.163-166. <http://www.ufpel.tche.br/faem/agrociencia/v12n2/artigo07.htm>

MARCOS FILHO, J. 1999. **Testes de vigor**: importância e utilização. In: KRZYZANOWSKI, F. C; VILIRA, R. D.; FRANCA NETO, J. B. (Ed.). *Vigor de sementes: conceitos e testes*. Londrina: ABRATES. p. 1-21.

MELO, P.T.B.S.; SCHUCH, L.O.B.; ASSIS, F.N.; CONCENÇO, G. 2006b. Comportamento individual de plantas originadas de sementes com diferentes níveis de qualidade fisiológica em populações de arroz irrigado. *Revista Brasileira de Sementes*, v.28, n.2, p.84-94. <http://www.scielo.br/pdf/rbs/v28n2/a11v28n2.pdf>

MIELEZRSKI, F.; SCHUCH, L.O.B.; PESKE, S.T.; PANOZZO, L.E.; PESKE, F.B.; CARVALHO, R.R. Desempenho individual e de populações de plantas de arroz híbrido em função da qualidade fisiológica das sementes. *Revista Brasileira de Sementes*, v.30, n.3, p.86-94. <http://www.scielo.br/pdf/rbs/v30n3/18.pdf>

MONDO, V.H.V.; CICERO, S.M.; DOURADO-NETO, D.; PUPIM, T.L.; DIAS, M.A.N. 2012a. Maize seed vigor and plant performance. *Brazilian Seed Journal*, v.34, n.1, p.143-155. <http://www.scielo.br/pdf/rbs/v34n1/a18v34n1.pdf>

MONDO, V.H.V.; DIAS, M.A.N.; CICERO, S.M. 2015. Maize seed vigor and its effects on crop cultivation cycle. *Revista de Agricultura*, v.90, n.2, p.168-178. <http://www.fealq.org.br/ojs/index.php/revistadeagricultura/article/view/178>

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

PEIXOTO, J. R. VILELA, S. M, AMABILE, F. R. 2018. Melhoramento de Plantas: Variabilidade genética, ferramentas e mercado, Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/185597/1/Melhoramento-de-plantas.pdf>

PERES, W. L. R. 2010. **Testes de vigor em sementes de milho**. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/96805/peres_wlr_me_jabo.pdf?sequence=1&isAllowed=y Acesso em: 20 mai 2022

PIMENTEL JR, TROYJACK C, DUBAL ÍTP, KOCH F, MONTEIRO MA, ESCALERA RAV, SZARESKI VJ, CARVALHO IR, NASCIMENTO HWFDO, MARTINAZZO EG, PEDROSO CES, SCHUCH LOB, PEDÓ T & AUMONDE TZ. 2018. Desenvolvimento inicial e componentes do rendimento em resposta à associação entre nível de vigor e profundidade de semeadura na cultura do trigo. *Revista Brasileira de Tecnologia Agropecuária*, 2:18-24.

SAEED, S., ULLAH, A., ULLAH, S., NOOR, J., ALI, B., KHAN, M. N., et al. 2022. Validating the Impact of Water Potential and Temperature on Seed Germination of Wheat (*Triticum aestivum* L.) via Hydrothermal Time Model. *Life* 12:983. doi: 10.3390/life12070983.

SANTOS Márcia Vitória et al. Componentes produtivos do milho sob diferentes manejos de plantas daninhas e arranjos de plantio em sistema agrossilvipastoril. *Ciência Rural* [online]. 2015, v. 45, n. 9. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20141224>>. [Acessado 28 mai 2022].

SBRUSSI, C. A. G., & ZUCARELI, C. 2014. Germinação de sementes de milho com diferentes níveis de vigor em resposta à diferentes temperaturas. *Semina: Ciências Agrárias*, 35(1), 215–226. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n1p215>

SCHUCH, L.O.B.; NEDEL, J.L.; ASSIS, F.N.; MAIA, M.S. 2000. Vigor de sementes e análise de crescimento de aveia preta. *Scientia Agricola*, v.57, n.2, p.305-312. http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-90162000000200018&script=sci_arttext

SILVA, A.L. 2010. **Qualidade das sementes de feijão e milho tratadas com extratos de origem vegetal durante o armazenamento**. 109f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Campina Grande, PB.

TOLEDO, F. F, de et al. 1999. **VIGOR DE SEMENTES DE MILHO (*Zea mays* L.) AVALIADO PELA PRECOCIDADE DE EMISSÃO DA RAIZ PRIMÁRIA**. *Scientia Agricola* [online], v. 56, n. 1 [Acessado 26 junho 2022] , pp. 191-196. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0103-90161999000100026>>. Epub 18 Jun 1999. Acesso em: 12 jun 2022.

TOLEDO, M. Z; FONSECA, N. R.; CÉSAR, M. L.; SORATTO, R. P.; CAVARIANI, C.; CRUSCIOL, C. A. C. 2009. **Qualidade fisiológica e armazenamento de sementes de feijão em função da aplicação tardia de nitrogênio em cobertura**. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 39, n. 2, p. 124-133, 2009.

VAN ITTERSUM AND RABBINGE, 1997 M.K. Van Ittersum, R. Rabbinge. Concepts in production ecology for analysis and quantification of agricultural input-output combinations. *Field Crops Res.*, 52 (1997), pp. 197-208

WANG, Y. L., PENG, Y. K., ZHUANG, Q. B., AND ZHAO, X. L. 2020. **Feasibility analysis of NIR for detecting sweet corn seeds vigor**. *J. Cereal Sci.* 93:7. doi: 10.1016/j.jcs.2020.102977