

UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI
Instituto de Ciências Agrárias
Gustavo Dias Lopes

**QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE MILHO EM FUNÇÃO DA
DENSIDADE DE SEMEADURA**

Unaí-MG
2020

Gustavo Dias Lopes

**QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE MILHO EM FUNÇÃO DA
DENSIDADE DE SEMEADURA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Agronomia, como parte dos requisitos
exigidos para a conclusão do curso.

Orientador: Prof. Dr. Anderson Barbosa Evaristo
Coorientador: Prof. Dr. Wesley Esdras Santiago

**Unai-MG
2020**

Gustavo Dias Lopes

**QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE MILHO EM FUNÇÃO DA
DENSIDADE DE SEMEADURA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Agronomia, como parte dos requisitos
exigidos para a conclusão do curso.

Orientador: Prof. Dr. Anderson Barbosa Evaristo

Data de aprovação 03/02/2020

Alessandro Nicoli

Prof. Dr. Alessandro Nicoli - UFVJM Unai

Reimario de Castro Rodrigues

Prof. Reimario de Castro Rodrigues - Escola Agrícola Unai

Wesley Esdras Santiago

Prof. Dr. Wesley Esdras Santiago - UFVJM Unai

Anderson

Prof. Dr. Anderson Barbosa Evaristo - UFVJM Unai

AGRADECIMENTOS

Um trabalho de conclusão de curso, embora seja de suma importância na minha carreira, não é o mais importante em minha vida. Antes mesmo que eu ingressasse em uma universidade pública, já haviam pessoas imprescindíveis em minha vida, portanto, há algumas considerações a serem expressas. Por isso quero deixar marcado neste, algumas das pessoas que fizeram com que meu sonho pudesse ser alcançado.

Primeiramente a Deus, pois, é o dono de todas as coisas nesse mundo, e sem Ele nada eu seria e nada eu faria.

Agradeço as três pessoas mais importante para mim: minha Mãe Marli, meu Pai Geraldo e meu irmão Guilherme, que nas horas de desespero acadêmico vivido, estavam ali para me acalmar e me dá forças para seguir em frente. É por vocês que estou chegando onde quero, e consigo folego para continuar.

A meus amigos e também aos meus colegas de curso nos quais juntos discutimos e muito aprendemos. Destes destaco meus amigos Geraldo, Caíque, Leonardo, Alisson, Vitória, Ana Paula, João Paulo, Hugo, Rodrigo e Filipe. Vocês foram de suma importância para realização desse trabalho.

Agradeço a empresa Bayer® e também a equipe da fazenda Capão da Estrada por ter proporcionado a área para coleta dos dados para realização dessa pesquisa.

Agradeço a Germinax, empresa na qual fiz estagio e pude realizar grande parte das análises dessa pesquisa. Muito obrigado Bárbara, Natália, Lúcia, Dalmi, Lindomar, Leidiane, Juliana, Eliana, Sheila e Francisca. Vocês são exemplos de humildade.

Não poderia deixar de agradecer ao meu orientador Anderson Evaristo e ao meu coorientador Wesley Esdras. Esses se esforçaram ao máximo para me orientar nas correções, me apoiando e incentivando. Agradeço pela pretensão de ensinar e pela paciência em voltar atrás em todas os assuntos que eu não havia compreendido.

A todos os técnicos, docentes, e terceirizados da UFVJM que independente da forma de apoio, oportunizaram que hoje pudesse vislumbrar um horizonte superior, cheio de confiança e ética aqui exposto.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a minha formação, o meu muito obrigado.

RESUMO

Os campos de produção de sementes de milho (*Zea mays*), estão sujeitos a fatores que podem influenciar a qualidade final das sementes produzidas. Relações entre o potencial fisiológico das sementes e a variabilidade da fertilidade dos solos é um assunto bastante estudado na área de tecnologia de sementes. No entanto o presente estudo teve como objetivo avaliar os parâmetros agronômicos e a qualidade fisiológica das sementes de milho híbrido em função de diferentes densidades de semeadura de linhagem fêmeas, em um campo de produção de sementes. As amostras foram colhidas em campo de produção de milho híbrido, seguindo um grid georreferenciado de 1 ponto a cada 3 hectares. A qualidade fisiológica das sementes foi determinada pelo teste de germinação, envelhecimento acelerado, tetrazólio e condutividade elétrica. Por meio da análise estatística descritiva, coeficiente de correlação Pearson, teste do Índice Global de Moran e análise geoestatística, foi possível analisar relações entre os parâmetros agronômicos e a qualidade das sementes de milho em função da densidade de semeadura. Todos os parâmetros apresentaram CV abaixo de 16,24. Baixas interações dos parâmetros estudados com a densidade de semeadura foram identificadas. Maior taxa de semeadura reflete em maior quantidade de plantas produzidas e menor produção de sementes por plantas, no entanto estas são compensadas por uma população maior de plantas refletindo em produtividade similares independentemente da taxa de semeadura. Somente duas variáveis apresentaram autocorrelação pelo Índice Global de Moran, e mesmo estas não apresentaram dependência espacial. A redução do grid de amostragem deve ser avaliada para tentar identificar variabilidade na qualidade fisiológica das sementes de milho.

Palavras-chave: Agricultura de precisão, distribuição espacial, vigor, *Zea mays*.

ABCSTRAT

Fields of the seed corn (*Zea mays*) seed production are subject to factors that may influence the final quality of the seeds produced. Relations between seed physiological potential and soil fertility variability is a widely studied subject in the field of seed technology. However, the present study aimed to evaluate the agronomic and physiological quality parameters of hybrid corn seeds in function of different plant density in a seed production field. As the samples were taken at fields of the seed corn production, following a georeferenced grid of 1 point every 3 hectares. The physiological quality of seeds was specified by germination test, accelerated aging, tetrazolium and electrical conductivity. Through descriptive statistical analysis, Pearson correlation coefficient, Moran Global Index test and geostatistical analysis, it was possible to analyze the relationships between agronomic statistics and corn seed quality as a function of sowing activity. All parameters described CV below 16.24%. Low interactions of the studied parameters with sowing density were identified. Higher sowing rates reflect higher plant yields and lower seed yield per plant; however, these offsets are due to a larger plant population reflected in similar studies using sowing rates. Only two variables selected autocorrelation by the Moran Global Index, and even these are not included. The reduction of the smaller sampling grid should be evaluated to try to identify variability in the physiological quality of corn seeds

Key words: Precision agriculture, spatial distribution, vigor, *Zea mays*.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	9
2.1 Cultura do Milho	9
2.2 Campos de produção de sementes de milho híbrido	11
2.3 Agricultura de precisão.....	12
2.4 Qualidade de sementes	14
3 OBJETIVO GERAL	15
3.1 Objetivos específicos	15
4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	15
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
6 CONCLUSÃO.....	30
REFERÊNCIAS	31

1 INTRODUÇÃO

O milho é um dos cereais mais consumidos no mundo, e o Brasil atualmente é o terceiro maior produtor, alcançando 98 milhões de toneladas colhidas em uma área próxima aos 17,5 milhões de hectares da safra de 2019/2020 (CONAB, 2020).

O desempenho agrônômico da cultura do milho é extremamente influenciado pela qualidade fisiológica e sanitária das sementes. Segundo Goulart e Filho, (2000), a semente é o principal insumo da produção agrícola, uma vez que nela está incorporada todo o material genético e a tecnologia essencial para que em condições favoráveis possa produzir uma planta altamente produtiva. Entretanto, para alcançar elevadas produtividades, é de suma importância o uso de sementes de qualidade, isto é, sementes com alta germinabilidade, alto vigor, alta pureza e que esteja livre de patógenos.

Sementes de alta qualidade não é o único fator que garante o sucesso da lavoura, fatores bióticos e abióticos podem influenciar diretamente no comportamento das plantas, e conseqüentemente na produtividade das mesmas. A variabilidade existente dos atributos do solo bem como a disponibilidade de nutrientes são fatores que influenciam tanto na produção de sementes quanto na produção de grãos. Segundo Marini et al., (2009) a adubação mineral adequada é fundamental para obter sementes de alta qualidade fisiológica. Sendo assim, a boa nutrição da planta condiciona a produção de sementes bem formadas, disponibilizando nutrientes para a constituição do órgão de reserva e do embrião que influencia diretamente no metabolismo e no vigor das sementes produzidas (MONDO et al., 2008).

Uma área tecnológica que vem crescendo significativamente no setor agrícola é a “agricultura de precisão”. Esse sistema utiliza o conceito de variabilidade espacial dos atributos do solo e da cultura para identificar zonas de manejo específicos e homogêneos, proporcionando as correções necessárias para a planta expressar todo seu potencial. De acordo com Povh, (2011), um dos objetivos da agricultura de precisão é tratar de maneira localizada a variabilidade existente dentro de um campo de produção. Na cultura do milho, existem diversos trabalhos utilizando sensoriamento remoto, imagens de satélite e mapas de produtividade garantindo eficiência na tomada de decisão durante o manejo da lavoura (FURLANETTO et al., 2017; OLIVEIRA et al., 2016; VIAN et al., 2016).

A existência de variabilidade espacial dos atributos físicos e químicos do solo em campos de produção, podem influenciar tanto no rendimento quanto na qualidade final das sementes produzidas (MATTIONI et al., 2013 e (NETO et al., 2015). Nesse aspecto, o uso da semeadura em taxa variável em função dos atributos do solo, tem sido

utilizado na proposta de aumentar a eficiência produtiva dos campos (SENAR, 2015). Entretanto, esse rearranjo pode afetar o desenvolvimento da cultura e favorecer anomalias fisiológicas através de uma competição direta entre as plantas. Contudo, o uso de ferramentas capazes de detectar essa variabilidade e fornecer uma informação prévia da qualidade das sementes na pré-colheita pode auxiliar a tomada de decisão dos campos de produção de sementes (MATTIONI, 2013). A partir de *softwares* computacionais SIG, e o uso do sistema de posicionamento global (GPS), é possível gerar mapas com informações de interesse, verificando a existência de variabilidade dentro de uma mesma área.

Atualmente nota-se o contínuo desenvolvimento de tecnologias que possibilitam reduzir erros e maximizar os resultados agrícolas em menor tempo. Em suma, a agricultura de precisão tem potencializado a indústria de sementes, garantindo estabilidade e eficácia na produção agrícola, reduzindo os custos e os impactos ambientais, além de ser um dos pilares importantes da agricultura para um futuro próximo.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Cultura do Milho

O milho (*Zea mays*), é uma cultura de origem Mexicana e tem grande destaque em ser um dos cereais mais cultivados e conhecidos no mundo. Essa espécie é a mais explorada do Brasil, sendo cultivado em mais de 90% das propriedades existentes no estado de Minas Gerais (DEPARTAMENTO TÉCNICO DA EMATER-MG, 2016). Desde a sua introdução no território brasileiro, essa cultura vem se destacando pela promoção do crescimento socioeconômico, tornando-se uma das principais commodities do Brasil (SILVA, et al., 2018). Isso contribui com a balança comercial nacional e principalmente na geração de empregos diretos e indiretos na área rural.

O milho é da família *Poaceae* e pertence ao grupo das monocotiledôneas sendo uma espécie diploide, alógama e monoica. Como diversas outras gramíneas, o milho possui metabolismo fotossintético C4, considerada altamente eficiente na conversão da energia radiante em energia química. Essa espécie possui um sistema radicular fasciculado que de acordo com Barros e Calado (2014) pode atingir de 30 a 40 toneladas por hectare de raiz.

O caule do milho é do tipo colmo, sendo ereto e cheio, dividido por nós e entrenós, alcançando até 3,5 metros de altura variando de acordo com o material genético

(BARBOSA, 1983). A função do caule é sustentar as folhas e as partes florais do milho, além de funcionar como órgão de reserva que armazena sacarose. Já as folhas, como as de outras gramíneas são estreitas e compridas, com formato lanceolado dispostas alternadamente aos nós do caule. A disposição dessas folhas auxilia diferentemente no fornecimento de metabólitos para as outras partes da planta (ALVARENGA et al., 2010). Pelo menos 4m² de folhas em 1m² de área são necessários para melhor aproveitar o fornecimento de luz e produzir fotoassimilados que proporcionam um eficiente enchimento dos grãos.

Contudo, órgãos masculinos e femininos são presentes na mesma planta, em inflorescências diferentes (DENUCCI, 2015). A inflorescência masculina é originada do ponto de crescimento da planta, e com sua emissão, o crescimento da parte aérea cessa e o da raiz é reduzido (BARBOSA, 1983). A panícula contém as flores masculinas, onde cada flor é constituída de 3 estames e a produção de pólen dura aproximadamente 8 dias. O surgimento da inflorescência feminina é dado pelo aparecimento de um eixo onde desenvolve-se pares de espiguetas formadas por uma flor fértil e outra estéril, desenvolvendo os cabelos do milho (estilo-estigma) (BARROS e CALADO, 2014). Esse surgimento é de suma importância para a produção, uma vez que a polinização da inflorescência feminina determina a quantidade de sementes na espiga.

A semente formada do milho é um fruto seco, denominado cariopse, ao qual o pericarpo está fundido com o tegumento da semente propriamente dito (NUNES, 2016). O embrião da semente é a própria planta em miniatura, contendo o coleóptilo, plúmula e a radícula. O endosperma é a parte da semente de maior volume, onde as reservas ficam concentradas. A parte mais externa do endosperma que fica em contato com o pericarpo é denominada de camada de aleurona, a qual é rica em proteínas e enzimas, cujo papel no processo de germinação é determinante (BARROS e CALADO, 2014).

O ciclo de desenvolvimento das plantas de milho compreende dois períodos: vegetativo (V) e reprodutivo (R). As subdivisões dos estádios vegetativos são designadas numericamente como V1, V2, V3 até V (n); em que (n) representa a última folha emitida antes do pendoamento (Vt). Cada estágio se define em função da visibilidade do colar na inserção da bainha da folha com o colmo. O primeiro e o último estádios V são representados respectivamente por (VE, emergência) e (Vt, pendoamento) (MAGALHÃES et al. 2006). Os estádios reprodutivos são iniciados em R1 compreendendo o florescimento da planta que vai até o último estágio dado como R6 ao atingir a maturidade fisiológica das sementes.

2.2 Campos de produção de sementes de milho híbrido

A obtenção de sementes de milho híbrido envolve uma cadeia de produção agroindustrial complexa, formada pelos segmentos da produção agrícola, industrialização e comercialização (JUNQUEIRA et al., 2006). Todo processo de produção de sementes de milho deve ser cuidadosamente acompanhado. O processo de produção das sementes de milho híbrido se inicia na escolha da área para o plantio, dos progenitores, época de plantio e segue com o manejo da lavoura, colheita, beneficiamento, armazenamento e comércio. Quando estas operações não forem efetuadas adequadamente, inconvenientes podem afetar na produção e na qualidade final das sementes (MARTIN, et al. 2007).

A densidade de semeadura em uma área é de suma importância em uma lavoura comercial, uma vez que o estande de plantas influencia o rendimento final do campo. Essa densidade também pode afetar o tamanho e a quantidade de espigas produzidas por planta. Até atingir uma densidade ótima, a produtividade é elevada com o aumento da quantidade de plantas por área. Após a densidade ótima, o que ocorre é um decréscimo nesse rendimento que é influenciado pela cultivar, disponibilidade de água e nutrientes. Filho e cruz, (2001) afirma uma interação entre a densidade de semeadura com a disponibilidade de nutrientes, sendo que zonas com menor fertilidade deve ser colocada uma menor dose de sementes, e zonas com maior fertilidade deve ser colocada uma maior dose de sementes até atingir a densidade ótima.

O processo para obtenção de sementes de híbridos é iniciado pelo semeio de linhagens que apresentam melhor combinação específica (heterose), quando cruzadas em campos isolados. Tem-se por padrão intercalar fileiras de linhagens masculinas e fileiras de linhagens femininas em diferentes proporções. Segundo Neto, et al., (2017) essa proporção varia de acordo com a capacidade de polinização e volume de pólen do parental macho. Bergonci et al., (2001), ressalta que a época de semeadura das linhas varia em função do ciclo de florescimento dos genitores. As linhas fêmeas são semeadas em um determinado dia, e as linhas machos são semeadas em outro dia. Essa técnica é chamada de “Split”, sendo muito empregada na semeadura de parentais de diferentes ciclos garantindo um sincronismo no florescimento, especialmente para a produção de híbridos (TIMÓTEO et al., 2010).

A polinização da espécie é preferencialmente cruzada (alógama), sendo realizada principalmente através do vento, que pode levar um grão de pólen a distâncias superiores a 500 metros (IOWA STATE UNIVERSITY, 1993). Martin, et al., (2007), ressalta que as polinizações indevidas podem inviabilizar um campo produtor de

sementes. Nesse sentido, é fundamental realizar o despendoamento das linhas fêmeas. Essa técnica é caracterizada pelo corte dos pendões das plantas femininas ainda imaturos, garantindo que os estilo-estigmas recebam somente pólen proveniente das plantas da linhagem masculina (RAMALHO et al., 2001) *apud* (NETO, et al. 2017).

O cruzamento de duas linhagens endogâmicas proporciona a restauração do vigor híbrido. As plantas híbridas F1 são o resultado do cruzamento de linhas homozigotas, sendo genotipicamente idênticas e uniformes (BESPALHOK et al., 2007).

Atualmente as empresas produtoras de sementes de milho estão adotando o método de colheita em espigas, A colheita e a despalha das espigas de milho produzida influencia diretamente na qualidade física e fisiológica das sementes (TIMÓTEO et al., 2010). Sendo assim, a colheita das espigas proporciona que as sementes sejam retiradas do campo em épocas próxima à de sua maturidade fisiológica, evitando a deterioração das sementes no campo. Nascimento et al. (1994), trabalhando com métodos de colheita de sementes de milho, comprovou que a colheita em espigas teve redução acentuada dos danos, proporcionando maior vigor e maior potencial de armazenamento das sementes. Entretanto, esses benefícios só são eficazes se nas fases posteriores como a secagem, despalha, debulha e classificação forem realizadas com maquinários adequados e específicos.

As sementes de um híbrido apresentam um potencial limitado de produtividade devido à perda de vigor causada pela endogamia. De acordo com Neto (2017), há uma redução de aproximadamente 48% na produção das plantas de sementes provenientes de um híbrido simples quando polinizadas ao acaso e naturalmente. Sendo assim, a cada safra há necessidade de comprar novas sementes para o plantio. Isso gera um potencial motivacional de investimentos tecnológicos em todos os elos de produção das sementes de milho híbrido.

2.3 Agricultura de precisão

Agricultura de precisão tem como princípio básico, o manejo da variabilidade espacial e da capacidade produtiva no espaço e no tempo (MULLA e SCHEPERS, 1997). Aspectos da variabilidade dos solos, clima, diversidade de culturas, performance de máquinas agrícolas e insumos (físicos, químicos e biológicos) naturais ou sintéticos, usados na produção das culturas, estão acoplados na agricultura de precisão (COELHO, 2005).

O advento da agricultura de precisão levou há uma redução das unidades de manejo do nível fazenda para o nível talhão, atualmente sendo possível manejar a área ao nível de planta (POVH, 2011). Recentemente várias tecnologias proporcionaram o desenvolvimento da agricultura de precisão, principalmente a inserção do GPS no campo, que contribuiu positivamente para mapear determinadas características de interesse de uma área. Porém é a informação e o estudo da variabilidade espacial e temporal das características do solo, das plantas e suas relações, bem como a possibilidade de manejar essa variabilidade, que viabilizaram a implementação da agricultura de precisão (COELHO, 2005).

As plantas podem ser encontradas em uma ampla variabilidade de ambientes dentro de uma mesma área. Essa variabilidade pode ser identificada através de mapas de distribuição espacial dos atributos do solo (AMADO et al., 2006). Um manejo mais preciso deve ser iniciado pela confecção de mapas de produtividade da cultura que auxilia na visualização da variabilidade dos fatores de produção (MIRANDA et al., 2005). Para Mattioni et al. (2011), a variabilidade representada por mapas de interpolação é um instrumento de gestão de qualidade na produção de sementes que permite o estabelecimento de áreas a serem colhidas e descartadas dentro de um campo de produção. Distinguir a variabilidade espacial da capacidade produtiva da área permite ajustar a população de sementes em quantidade específica de ambientes homogêneos no talhão, incrementando a produtividade da cultura e o retorno econômico da lavoura.

Mattioni et al., (2011) ainda afirma que além da variabilidade da produtividade, a germinabilidade, o vigor e o tamanho da semente também variam no espaço. As anomalias não são percebidas pelas plantas na mesma intensidade em todo o talhão, tendo efeito mínimo em alguns ambientes e efeitos maiores em outros. Isso é dado por existir em uma mesma área variações da disponibilidade de água, incidência de pragas e manchas que afetam a qualidade das sementes nos campos de produção (MATTIONI, 2013). Sobretudo, sabe-se da impossibilidade de eliminar a variabilidade espacial de uma lavoura.

Frequentemente tem-se buscado uma população de plantas que proporcione uma produtividade ideal para cada região dentro de um talhão. Produtos com características superiores na maior parte do campo tem se alcançado com uso do manejo localizado nas regiões do campo, onde os atributos de qualidade esteja fora dos padrões, viabilizando por fim um maior retorno econômico da atividade (BREDEHOEFT et al., 2000; MEDEMA e VAN BERJEIJK, 2000).

2.4 Qualidade de sementes

A utilização de sementes de qualidade é um fator preponderante para o estabelecimento das lavouras, possibilitando maiores produções. Normativas e leis vem trabalhando com a finalidade de garantir a qualidade das sementes. Em agosto de 2003, a Lei n.10.711/03 entrou em vigor no Brasil estabelecendo o sistema nacional de sementes e mudas com o objetivo de garantir a identidade e a qualidade do material de multiplicação e de reprodução vegetal produzido, comercializado e utilizado em todo país (CATÃO et al., 2010).

Apesar disso, sementes de boa qualidade são aquelas que agregam os atributos genéticos, físicos, fisiológicos e sanitários, sendo que essas características afetam a capacidade de originar plantas e lavouras de alta capacidade produtiva (POPINIGIS, 1985). A qualidade fisiológica das sementes máxima é atingida no momento exato da maturação fisiológica, nesse momento elas possuem o máximo peso seco, germinação e vigor. De acordo com George, (1985), a faixa ideal de colheita de sementes de milho é quando elas estão com umidade próxima aos 35%, seguido de secagem artificial. Por esse motivo, dentro do processo de produção de sementes de milho a colheita tem sido uma das etapas mais críticas, e tem como objetivo principal a retirada da semente do campo nas melhores condições possíveis, reduzindo as perdas de qualidade das mesmas.

Algumas pesquisas comprovam que a baixa qualidade fisiológica de sementes tem relação estreita com reduções na velocidade e emergência total, desuniformidade de emergência, menor tamanho inicial de plântulas, produção de matéria seca e na área foliar (HÖFS et al., 2004; KOLCHINSKI et al., 2006). Porém é possível obter sementes de milho melhoradas através das ações paralelas dos campos produtores e as entidades governamentais, atendendo as expectativas dos utilizadores das sementes (MARTIN, et al. 2007).

Ressalta-se que os atributos fisiológicos e sanitários são os mais apreciados pelos produtores, uma vez que na qualidade desses atributos são identificadas nos estádios iniciais de uma lavoura. Tais atributos são altamente influenciadas pelo vigor das sementes, que reproduz o potencial de uma emergência uniforme e rápida para o desenvolvimento de plântulas normais sob uma extensa faixa de condições (KRZYZANOWSKI et al., 2001).

Nesse contexto, a tecnologia de sementes como segmento do processo de produção, vem aperfeiçoando os testes usados para avaliar o potencial fisiológico (germinação e vigor) das sementes. Tanto as empresas produtoras de sementes quanto os laboratórios de análise vêm se desdobrando aplicar testes que comprovem os resultados

e expressem o potencial real de desempenho do lote de sementes sob condições a nível de campo (DUTRA e VIEIRA, 2004). Assim é possível entregar resultados confiáveis, informando com segurança a qualidade de um lote de sementes, principalmente em relação ao vigor, (FRIGERI, 2007).

Os testes de vigor são os mais sensíveis no diagnóstico da deterioração fisiológica das sementes. Os mais empregados são os bioquímicos como a condutividade elétrica e o de tetrazólio (VIEIRA e KRZYZANOWSKI, 1999), e os de estresse que se baseia no desempenho de plântulas com envelhecimento acelerado, sendo o mais utilizado no mundo, especialmente para milho e a soja (FILHO, 1999). Em suma, destaca-se que a seleção de testes de vigor deve atender objetivos específicos, sendo importante a identificação das características avaliadas pelo teste e sua relação com o comportamento das sementes diante de situações específicas.

3 OBJETIVO GERAL

- Avaliar os parâmetros agronômicos e a qualidade fisiológica das sementes de milho híbrido em diferentes densidades de linhagens fêmeas, em um campo de produção de sementes.

3.1 Objetivos específicos

- Avaliar a germinabilidade das sementes em função da variabilidade populacional de plantas fêmeas.
- Avaliar o vigor das sementes em função da variabilidade populacional de plantas fêmeas.
- Monitorar a germinabilidade e o vigor das sementes durante o período de armazenamento.
- Estudar a distribuição espacial da produtividade e seus componentes.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em campos de produção de sementes de milho híbrido simples da empresa Bayer®. O campo de produção de sementes com área irrigada de 212 hectares (Pivô central), se situa na fazenda Capão da Estrada (Latitude 16°36'49.8"S, longitude 47°10'19.5"W), localizado no município de Unaí-MG. O plantio foi instalado em março de 2019, utilizando linhagens homozigotas na proporção 4:1, ou

seja, quatro linhas de linhagem fêmea (receptora de pólen) para uma linha de linhagem macho (doadora de pólen). A semeadura foi realizada com espaçamento de 70cm entre linhas. Todo o manejo de condução do campo foi realizado conforme recomendações técnicas da empresa sendo executado pela equipe da “Fazenda Capão da Estrada”.

De posse do mapa georreferenciado da área, foi confeccionado um grid para amostragem de plantas e colheita das espigas. Esse grid foi confeccionado para obter um ponto amostral a cada três hectares em 76,5 ha da área total do campo, totalizando 25 pontos amostrais.

Os pontos amostrais foram obtidos através de pontos distribuídos a cada 3 hectares utilizando-se o GPS de um smartphone Android através do aplicativo “Sistema Agropecuário CR - Campeiro 7”, que proporcionou a rota de caminhada pré-definida em base no contorno do campo de produção (Figura 1).

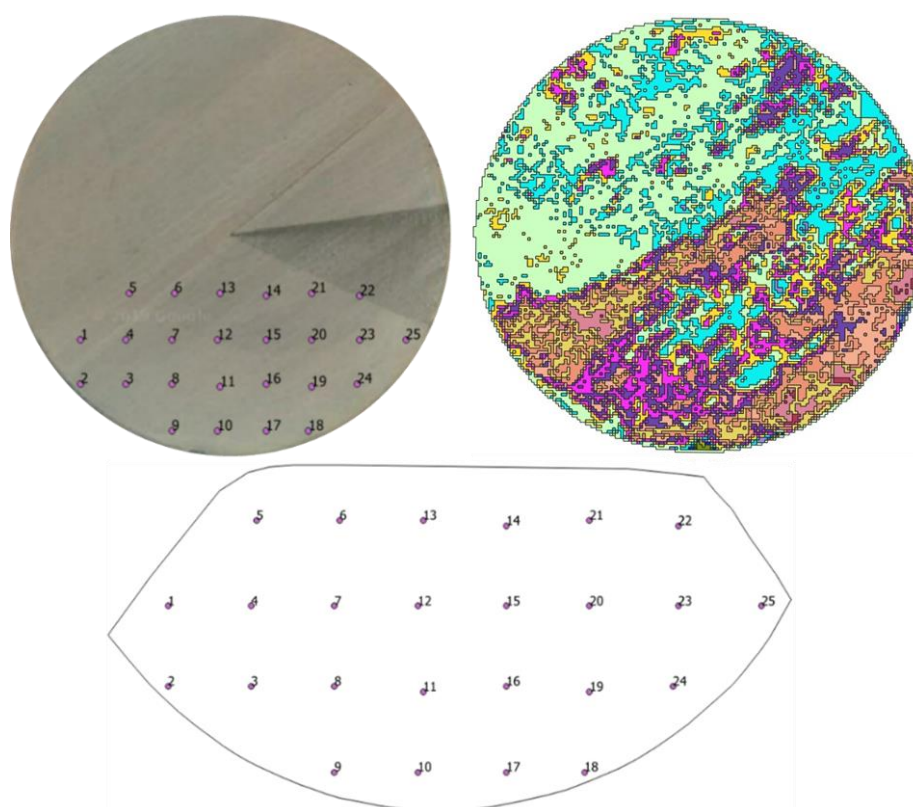


Figura 1 – Grade amostral da área do pivô 9 com os pontos pré-definidos e georreferenciados nas diferentes taxas de semeadura. Fonte: arquivo pessoal

No dia 15 de julho de 2019, quando o teor de água das sementes de milho apresentava aproximadamente 29%, procedeu a avaliação do estande final de plantas e a colheita manual das espigas. Em cada ponto amostral, 4 metros lineares foram

demarcados, fazendo-se a contagem das plantas, número de espigas e sua colheita de forma manual.

Após a colheita, as espigas foram encaminhadas para a Fazenda Experimental Santa Paula – FESP da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri *campus* Unaí-MG para promover a secagem e processamento. A secagem foi realizada em um sistema de secagem artificial com ventilação natural controlada dentro uma estufa agrícola. A secagem ocorreu até as sementes apresentarem um teor de água de aproximadamente 13%.

De cada ponto amostral, cinco espigas foram selecionadas ao acaso para mensurar seu comprimento e diâmetro com auxílio de uma régua e um paquímetro respectivamente. A quantidade de sementes por fileira, número de fileira por espiga, peso de mil sementes (PMS) e o peso total das sementes de cada ponto amostral foram determinados para integrar os componentes agronômicos e de produtividade.

Após as avaliações dos caracteres agronômicos das espigas, todas as espigas foram debulhadas manualmente, e as sementes foram armazenadas em sacos de papel kraft em ambiente sem controle de temperatura e umidade relativa do ar.

As avaliações de viabilidade e vigor das sementes foram realizadas no laboratório Germinax localizada em Formosa-GO e no Laboratório Multiusuário do Instituto de Ciências Agrárias da UFVJM, *Campus* Unaí. Em laboratório foram realizados os seguintes teste nas sementes: germinação, envelhecimento acelerado, condutividade elétrica e tetrazólio. As avaliações foram realizadas em duas épocas, 19 (T1) e 100 (T2) dias após a colheita (DAC) respectivamente.

Os testes de germinação foram realizados seguindo as regras de análises de sementes (RAS) (BRASIL, 2009). Para cada ponto amostral, utilizou-se 200 sementes, sendo conduzido por 4 subamostras de 50 sementes. Foi usado como substrato, o papel de germinação (germitest) com 28x38 cm, arranjados em três folhas, e umedecidos com água de Ph entre 6 e 7.5, em quantidade igual a 2,5 vezes a massa seca do papel. As sementes distribuídas em rolos foram transferidas para a câmara de germinação ajustada a uma temperatura de 25°C e período luminoso de 12 horas durante 7 dias.

O resultado foi calculado em porcentagem de plântulas normais como descreve a RAS usando a seguinte equação:

$$\% \textit{ Germinação} = \frac{Pn}{N} * 100$$

Onde:

Pn = Plântulas normais.

N = Número total de sementes colocadas para germinar.



Figura 2 – Leitura das plântulas do teste de germinação Fonte: Arquivo pessoal

Para o teste de envelhecimento acelerado, seguiu-se a metodologia recomendada pelo Comitê de Vigor da Association of Official Seed Analysts/AOSA, (1983) apresentada por Filho et al. (1987). Foram utilizados recipientes acrílicos “gerbox” com interior contendo 40mL de água. E sob uma tela de aço fixada sob o interior do gerbox, as sementes foram dispostas em camada única e em quantidade suficiente para a amostra de trabalho de realização do teste. Imediatamente os “gerbox” foram transferidos para uma BOD a uma temperatura de 41°C durante 96 horas. Após esse período, foram realizados os testes de germinação, conforme procedimentos descritos no item anterior.

O teste de Tetrazólio procedeu em duas subamostras com 50 sementes para cada ponto amostral. As sementes foram pré-condicionadas para hidratação em papel toalha úmido por aproximadamente 16 horas a temperatura de 25°C para promover o amolecimento do endosperma e ativação do sistema enzimático das sementes, facilitando o corte, a penetração da solução e o desenvolvimento da coloração. Após a hidratação, as sementes foram seccionadas longitudinalmente e medianamente através do embrião. As partes seccionadas de cada semente que apresentavam as estruturas dos embriões mais visíveis foram selecionadas e colocadas em solução 0,075% de cloreto 2, 3, 5 trifenil tetrazólio e conservadas a incubadora B.O.D. regulada a 35° C por um período de aproximadamente 3 horas no escuro (DIAS e BARROS, 1999).



Figura 3 – Semente de milho seccionada longitudinalmente e colorida em solução de tetrazólio. Fonte: Arquivo pessoal

Atingida a coloração ideal dos embriões, as sementes foram lavadas em água corrente e separadas em classes 1, 2 e 3 (KRZYZANOWSKI et al., 1999). O vigor foi obtido pela contagem das sementes pertencentes à classe 1 (viáveis vigorosas), considerando a média das repetições e expresso em porcentagens.

O teste de condutividade elétrica foi conduzido conforme metodologia descrita por Vieira e Krzyzanowski, (1999). Duas subamostras com 50 sementes foram pesadas e colocadas para embeber em copos plásticos com 75ml de água destilada ($CE \leq 2\mu S.cm^{-1}$). Em seguida as subamostras foram mantidas por 24 horas dentro de uma câmara B.O.D., ajustada com temperatura de 25°C. Um copo contendo 75ml de água sem sementes foi usado como controle para assegurar os resultados. Posteriormente as amostras foram agitadas para homogeneização dos exsudados liberados na água, e a leitura da condutividade elétrica foi efetuada através condutivímetro da marca *LUCADEMA* (mCA 150) previamente calibrado com eletrodo de constante 1,0 em solução padrão.

As leituras foram estabelecidas pela seguinte equação:

$$CE (\mu S. CM^{-1}. g^{-1}) = \frac{(L-B)}{P}$$

Onde:

CE = condutividade elétrica

L = leitura da amostra no condutivímetro em $\mu S.cm^{-1}$

B = leitura do “branco”, água destilada, em $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$

P = peso da amostra em gramas

Os resultados das análises de qualidade fisiológica das sementes e dos componentes que definem produtividade foram submetidos a análise estatística descritiva, correlação linear de Pearson ($P \leq 0,05$) e geoestatística.

Para análise de geoestatística, inicialmente avaliou-se a existência de dependência espacial. Para tanto foi verificada a existência de autocorrelação dos parâmetros através da análise de Moran. Esta análise visa identificar, se os dados possuem correlação, informando o nível de interdependência espacial entre todos os polígonos em estudo (ANSELIN, 1995).

Em seguida, utilizando a metodologia do variograma (FARACO et al., 2008) foi analisada a existência de dependência espacial dos parâmetros que possuem autocorrelação. A análise de autocorrelação e dependência espacial foram realizadas com auxílio dos softwares *Geoda* e *Saga Gis*, respectivamente.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 1 apresenta os dados descritivos dos parâmetros agrônômicos e de qualidade fisiológicas das sementes de milho coletados em 25 pontos amostrais em uma área de 76,5 ha. Apesar da amplitude da taxa de semeadura (106.593 sementes/ha a 114.286 sementes/ha) os caracteres agrônômicos relativos aos componentes de produção não obtiveram grandes variações. Os caracteres agrônômicos PMS, produção por planta e produtividade obtiveram um CV moderado (Pimentel Gomes, 1982) enquanto os demais caracteres apresentaram baixo CV ($CV < 10\%$) ao rendimento agrônômico. A produção por planta foi o parâmetro que alcançou o maior CV, 16,23 %. Esse efeito se deve provavelmente a plasticidade das plantas caracterizada pela capacidade de afilamento das mesmas, que permite alterar os componentes de rendimento. Sendo assim, ao variar a densidade de semeadura, as plantas atuam em efeito compensatório na produção, através do aumento ou diminuição de estruturas reprodutivas (espigas) como no caso do milho (EMBRAPA, 2015).

Em trabalho semelhante, Vian et al., (2016) observou baixa dispersão dos atributos inerentes as plantas da cultura do milho em área irrigada nas safras de 2010/2011 e 2011/2012, como o número de grãos por espiga, diâmetro de espigas, comprimento de espigas, peso de 100 grãos e produtividade. Observa-se ainda um intervalo de variação

da densidade de semeadura entre 106593 e 114286 sementes ha⁻¹. No entanto, foi constatado uma uniformidade de semeadura alta devido ao baixo CV de 2,48%.

Tabela 1 – Estatística descritiva dos caracteres agrônômicos e parâmetros fisiológicos das sementes de milho.

Variável	Média	Variância	Desvio Padrão	CV	Mínimo	Máximo	Cs	Ck
Caracteres agrônômicos								
Densidade de semeadura (plantas.ha ⁻¹)	109.846	7.395.768	2.719,52	2,48	106.593	114.286	-1,65	-1,65
Estande de plantas na colheita (plantas.ha ⁻¹)	80.228,59	31.916.380	5.649,46	7,04	71.429	94.286	0,58	-3,45
Comprimento de espiga (cm)	12,05	0,94	0,97	8,04	10,10	13,90	0,02	-0,11
Diâmetro de espiga (cm)	4,27	0,02	0,14	3,17	3,99	4,50	-0,20	-0,66
Número de fileiras na espiga	16,61	0,52	0,72	4,35	15,20	18,00	0,01	-0,42
Número de sementes por fileira	20,47	2,58	1,61	7,85	16,70	23,50	-0,41	-0,33
PMS (g)	292,51	958,91	30,97	10,59	239,90	358,60	0,41	-0,88
Produção.planta ⁻¹ (g)	53,43	75,28	8,68	16,24	31,79	68,79	-0,37	-0,25
Produtividade (Kg.ha ⁻¹)	4.307,36	215.770,49	464,1	10,78	3.438	5.223	-0,42	-0,70
Parâmetros fisiológicos das sementes								
Germinação T1 (%)	98,84	0,43	0,66	0,66	97,00	99,50	-0,91	0,55
EA T1 (%)	96,56	4,57	2,14	2,21	92,50	99,50	-0,37	-1,10
Tetrazólio T1 (%)	80,88	50,78	7,13	8,81	69,00	93,00	-0,16	-1,12
Germinação T2 (%)	90,94	11,42	3,38	3,72	85,00	98,00	0,14	-0,84
EA T2 (%)	90,12	5,61	2,37	2,63	86,00	94,00	-0,14	-1,38
Tetrazólio T2	68,24	66,11	8,13	11,91	48,00	80,00	-0,50	-0,45
Condutividade elétrica T2 (µS.cm ⁻¹ .g ⁻¹)	13,14	1,84	1,36	10,32	8,71	15,15	-1,07	2,35

EA, envelhecimento acelerado; PMS, peso de mil sementes; T1, tempo 1; T2, tempo 2; Cs, coeficientes de assimetria; Ck, coeficiente de curtose; e CV, coeficiente de variação.

Os valores médios de germinação e envelhecimento acelerado em ambas épocas de avaliação (T1 e T2), foram superiores a 90% e apresentaram baixa amplitude e CV baixo, inferior a 3,72%. Já os testes de vigor por tetrazólio e condutividade elétrica apresentaram coeficientes de variação médio (10% > CV < 20%), (PIMENTEL GOMES, 1982) no entanto superiores aos demais testes. Isso implica em dizer que, o vigor das sementes é mais sensível a variabilidade encontrada no campo em comparação com a viabilidade das sementes (MATTIONI et al., 2011). O último processo que ocorre durante a deterioração das sementes antes da morte é a perda da capacidade de germinação. Já os testes de vigor são baseados em acontecimentos que ocorrem antes da morte (DELOUCHE, 2002).

EA identifica a taxa de deterioração das sementes expostas a taxas adversas de temperatura e umidade relativa, se fundamentando na capacidade de armazenamento das sementes. Valores maiores de germinação das sementes no teste de EA indicam resultados

superiores de vigor (KRZYANOWSKI, 1999). No entanto não houve grande variação de resultados que pode estar relacionado por serem sementes ainda com alto vigor. Além disso, as sementes testadas ainda são consideradas novas (alta qualidade fisiológica) mesmo com 100 DAC, com alta qualidade fisiológica que provavelmente se deve ao manejo do campo de produção, associado a colheita das espigas próxima da maturidade fisiológica das sementes, seguida de secagem artificial e debulha manual. Operações drásticas durante a colheita e beneficiamento podem gerar danos à qualidade fisiológica das sementes e influenciar negativamente nos resultados do trabalho a fins comparativos (PACHECO et al., 1996).

O vigor pelo teste de tetrazólio e a condutividade elétrica das sementes no T2, mesmo apresentando uma baixa dispersão, foram os que alcançaram os maiores CV 11,91% e 10,32% respectivamente. Como já dito, o vigor é mais sensível no diagnóstico da deterioração fisiológica das sementes, e isso atrelado ao maior período de armazenamento das sementes ainda em local sem controle de temperatura e umidade relativa, pode responder o maior CV desses testes.

A análise de correlação linear de Pearson demonstrou que poucos parâmetros agrônômicos se correlacionam com os parâmetros referente a qualidade fisiológica das sementes (Tabela 2).

Tabela 2 - Correlação linear de Pearson dos caracteres agrônômicos e parâmetros de qualidade fisiológica das sementes do milho.

Variável	EPFC	CE	DE	NF	NSF	PMS	PP	PROD	G1	EA1	TZ1	G2	EA2	TZ2	C.E.2
DS	0.57**	-0.15 ^{ns}	-0.42*	0.00 ^{ns}	-0.27 ^{ns}	-0.12 ^{ns}	-0.34 ^{ns}	-0.12 ^{ns}	0.12 ^{ns}	-0.02 ^{ns}	-0.52 ^{ns}	0.07 ^{ns}	0.17 ^{ns}	0.05 ^{ns}	0.12 ^{ns}
EPFC	-	-0.43*	-0.37 ^{ns}	0.09 ^{ns}	-0.44*	-0.07 ^{ns}	-0.65**	-0.27 ^{ns}	0.20 ^{ns}	-0.14 ^{ns}	-0.58**	-0.09 ^{ns}	0.01 ^{ns}	-0.32 ^{ns}	0.12 ^{ns}
CE	-	-	0.60**	-0.05 ^{ns}	0.60**	0.66**	0.38 ^{ns}	0.24 ^{ns}	-0.21 ^{ns}	0.35 ^{ns}	0.15 ^{ns}	0.10 ^{ns}	0.04 ^{ns}	0.29 ^{ns}	0.21 ^{ns}
DE	-	-	-	0.21 ^{ns}	0.26 ^{ns}	0.59**	0.53**	0.48*	-0.19 ^{ns}	0.54**	0.28 ^{ns}	0.09 ^{ns}	0.04 ^{ns}	0.46*	0.18 ^{ns}
NF	-	-	-	-	0.03 ^{ns}	-0.17 ^{ns}	-0.22 ^{ns}	-0.20 ^{ns}	0.13 ^{ns}	-0.01 ^{ns}	0.41*	0.03 ^{ns}	0.16 ^{ns}	0.42*	-0.10 ^{ns}
NSF	-	-	-	-	-	0.21 ^{ns}	0.11 ^{ns}	-0.11 ^{ns}	0.11 ^{ns}	-0.11 ^{ns}	0.30 ^{ns}	-0.19 ^{ns}	-0.17 ^{ns}	0.11 ^{ns}	0.30 ^{ns}
PMS	-	-	-	-	-	-	0.23 ^{ns}	0.26 ^{ns}	-0.19 ^{ns}	0.45*	0.07 ^{ns}	0.14 ^{ns}	0.00 ^{ns}	0.20 ^{ns}	0.45*
PP	-	-	-	-	-	-	-	0.91**	-0.34 ^{ns}	0.29 ^{ns}	0.24 ^{ns}	0.04 ^{ns}	0.17 ^{ns}	0.16 ^{ns}	-0.07 ^{ns}
PROD	-	-	-	-	-	-	-	-	-0.32 ^{ns}	0.29 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.23 ^{ns}	0.04 ^{ns}	-0.02 ^{ns}
G1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0.29 ^{ns}	0.11 ^{ns}	0.05 ^{ns}	-0.11 ^{ns}	-0.04 ^{ns}	0.15 ^{ns}
EA1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00 ^{ns}	0.43*	0.07 ^{ns}	0.44*	-0.26 ^{ns}
TZ1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.00 ^{ns}	-0.04 ^{ns}	0.48*	-0.10 ^{ns}
G2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.57**	0.19 ^{ns}	-0.15 ^{ns}
EA2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0.09 ^{ns}	0.17 ^{ns}
TZ2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0.06 ^{ns}

nsNão significativo; *significativo a 5% de probabilidade; e **significativo a 1% de probabilidade. EPFC, estande de plantas fêmeas na colheita; CE, comprimento de espiga; DE, diâmetro de espiga; NF, número de fileiras; NFS, número de sementes por fileira; PMS, peso de mil sementes; PP, produção por planta; PROD, produtividade; G1, germinação no tempo 1; EA1, envelhecimento acelerado no tempo 1; TZ1, vigor pelo teste de tetrazólio no tempo 1; G2, germinação no tempo 2; EA2, envelhecimento acelerado no tempo 2; TZ2, vigor pelo teste de tetrazólio no tempo 2; C.E.2, condutividade elétrica no tempo 2.

Como esperado, a densidade de semeadura apresentou correlação positiva moderada ($0,40 > r < 0,6$) (DANCEY e REIDY, 2006) com o estande de plantas fêmeas na colheita. No entanto, esperava-se uma correlação muito forte entre ambas as variáveis, uma vez que o número de sementes é recomendado em função do estande de plantas esperadas para a área. Possíveis falhas na distribuição de sementes durante o período de semeadura associado a eventos meteorológicos durante a operação além da morte de plantas após o desenvolvimento pode ser uma resposta ao encontrar a moderada associação desses parâmetros. O excesso de palha mal distribuída associada ao solo muito úmido, pode levar à uma redução no estande final das plantas, pois isso pode causar emergência desuniforme e atraso no desenvolvimento inicial. Essas falhas influenciam o estabelecimento da lavoura resultando em uma baixa variabilidade dos componentes de produtividade (VIAN et al., 2016).

A densidade de semeadura (DS) apresentou correlações negativas com o diâmetro de espiga (DE). Ao avaliar o comportamento de híbridos de milho, Barbieri et al. (2005), observou um decréscimo linear no DE em função do aumento populacional de plantas. No entanto, o estande de plantas fêmeas na colheita (EPFC) que determinam a população final das plantas da lavoura não foram observados uma associação significativa para esse parâmetro.

O DE teve correlações positivas com cinco variáveis, sendo que três delas integram os parâmetros que determinam a produtividade (PP, PMS e PROD). Contudo, o tamanho das espigas contribuiu muito pouco para definir a produção. Isso pode ser exemplificado pela associação do CE e DE com o PMS. Segundo Fancelli e Douradoneto, (1999) estas variáveis atuam indiretamente para o aumento da massa dos grãos (sementes).

Para os parâmetros que determinam a qualidade das sementes (germinação, envelhecimento acelerado, viabilidade pelo teste de tetrazólio e condutividade elétrica) em ambos os tempos não houve correlações significativa com a densidade da semeadura.

Por sua vez, o CE, NSF, PP e o TZ1 apresentaram correlação negativamente com o EPFC. Sabe-se que as diferentes taxas de semeadura são utilizadas para otimizar o potencial produtivo de cada área, obtendo o melhor ajuste de número de plantas-ha⁻¹. Tal ajuste se dá em função do potencial produtivo, particularidades regionais e da variabilidade espacial encontrada nos atributos do solo. Sabendo disso, o fato da correlação negativa do EPFC com a PP revela que o aumento da população das plantas na área implica em uma redução na produção por plantas que é dado pela capacidade de

compensação das plantas (VAZQUEZ et al., 2008). Uma mesma tendência negativa do EPFC é observada com PROD nesse trabalho, porém isso não pode ser afirmado por não ter valor significativo. Diferente dessa tendência, Palhares, (2003) ressalta em sua tese que o aumento da população de plantas reflete em um efeito positivo na produtividade do milho.

Mondo et al., (2012) avaliando a distribuição espacial dos atributos do solo em campo de produção de semente de soja e constatou baixas correlações entre os atributos do solo e parâmetros que estimam o potencial fisiológico das sementes. Mondo et al., (2008) ainda ressalta que através de mapas é possível verificar a distribuição espacial de variáveis bem como do potencial fisiológico das sementes.

A Tabela 3 apresenta os dados de autocorrelação pelo Índice Global de Moran dos caracteres agronômicos e dos parâmetros fisiológico das sementes. Pressupõe-se que uma variável deve ter autocorrelação significativa para que esta apresente dependência espacial. A autocorrelação obtida através do Índice Global de Moran constata o grau de associação espacial do parâmetro analisado. Nesse sentido, quando não existir associação espacial, não se justifica o enfoque geoestatístico.

Tabela 3 - Índice de Moran Global para as variáveis estudadas

Variáveis	Índice de Moran Global	p-valor
DS	0,079	0,148
EPFC	0,101	0,124
C.E	-0,107	0,324
DE	0,109	0,31
NF	-0,001	0,35
NSF	-0,052	0,476
PMS	-0,038	0,458
PP	-0,071	0,442
PROD	-0,138	0,212
G1	-0,013	0,368
EA1	0,296	0,005**
TZ1	0,104	0,131
G2	-0,005	0,361
EA2	-0,171	0,155
TZ2	0,288	0,008**
CE2	-0,112	0,292

nsNão significativo; *significativo a 5% de probabilidade; e **significativo a 1% de probabilidade. EPFC, estande de plantas fêmeas na colheita; C.E, comprimento de espiga; DE, diâmetro de espiga; NF, número de fileiras; NFS, número de sementes por fileira; PMS, peso de mil sementes; PP, produção por planta; PROD, produtividade; G1, germinação no tempo 1; EA1, envelhecimento acelerado no tempo 1; TZ1, vigor pelo teste de tetrazólio no tempo 1; G2, germinação no tempo 2; EA2, envelhecimento acelerado no tempo 2; TZ2, vigor pelo teste de tetrazólio no tempo 2; CE2, condutividade elétrica no tempo 2.

Conforme exposto, apenas as variáveis EA1 e TZ2 apresentaram autocorrelação espacial 0,296 e 0,288 respectivamente. O resultado dos demais parâmetros apresentaram distribuição aleatória dentro da área do pivô pelo fato de não se autocorrelacionarem no espaço. Sendo assim não foi possível prosseguir com as análises para os demais parâmetros.

Principalmente para o método do variograma, quando há autocorrelação é realizada a análise de dependência espacial. No teste de Envelhecimento acelerado no tempo 1 (EA1) não foi verificada dependência espacial nos modelos testados. Tanto o modelo exponencial quanto o modelo esférico apresentaram aleatoriedade (Figura 4). Isso indica que um ponto que está mais próximo ao ponto amostral não exerce necessariamente influência no valor estimado (TRANGMAR et al., 1985), ou seja, sua distribuição espacial é homogênea, independente ou até mesmo a malha amostral não possui pontos suficientes para detectar dependência espacial (WEBSTER e OLIVER, 2007). Assim deve ser desconsiderada a correlação espacial, não havendo vantagem utilizar a geoestatística para estudo da variável em questão. Todavia, optou-se em continuar com a krigagem para melhor visualização da distribuição desse parâmetro, sendo o modelo exponencial escolhido para representá-lo por obter menor erro médio de cálculo, embora ambos tenham se portado de maneira semelhante (Figura 5).

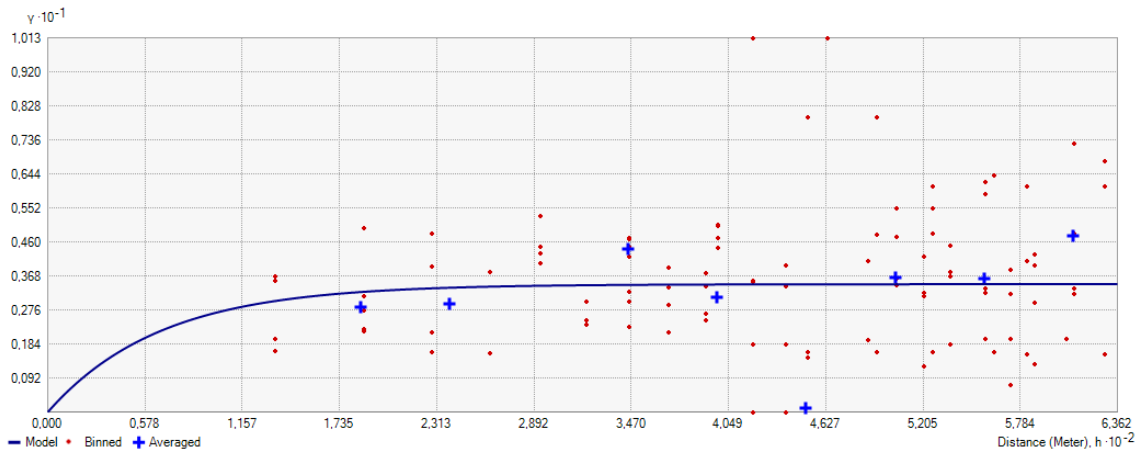


Figura 4 - Variograma para o teste de envelhecimento acelerado de milho no Tempo 1.

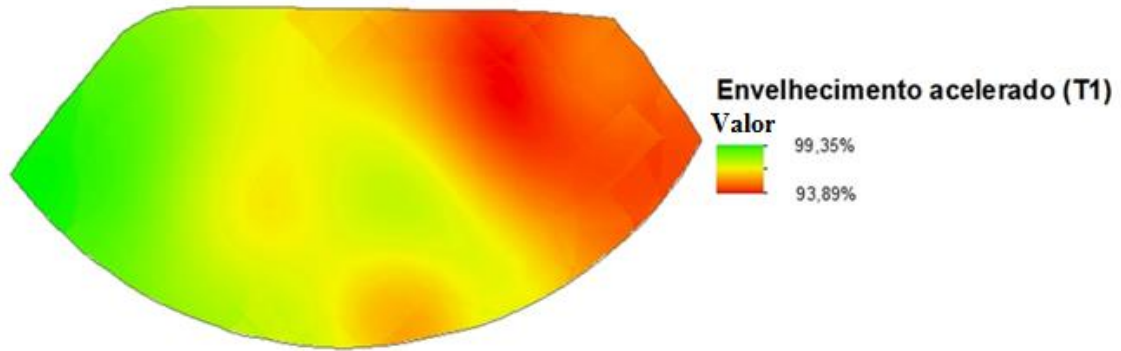


Figura 5 – Mapa de distribuição do vigor das sementes de milho pelo teste de envelhecimento acelerado no Tempo 1.

A dependência espacial não foi detectada para o vigor pelo teste de tetrazólio no tempo 2. Igualmente para o EA1, tanto o modelo exponencial quanto o modelo esférico apresentaram o mesmo efeito de aleatoriedade (Figura 6). Nesse parâmetro, o modelo obteve menor erro médio de cálculo foi o esférico, sendo utilizado na interpolação por krigagem (Figura 7).

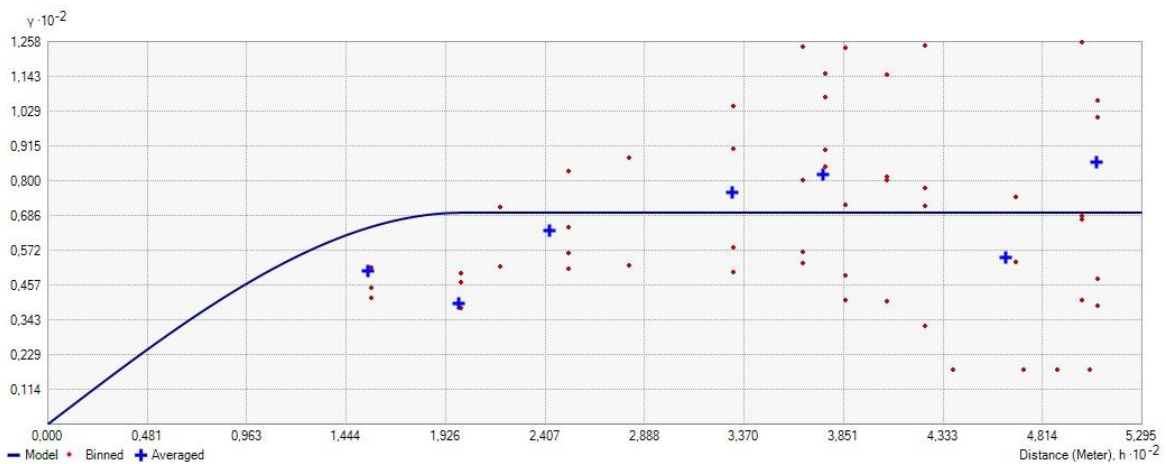


Figura 6 – Variograma para o teste de tetrazólio em milho no Tempo 2.

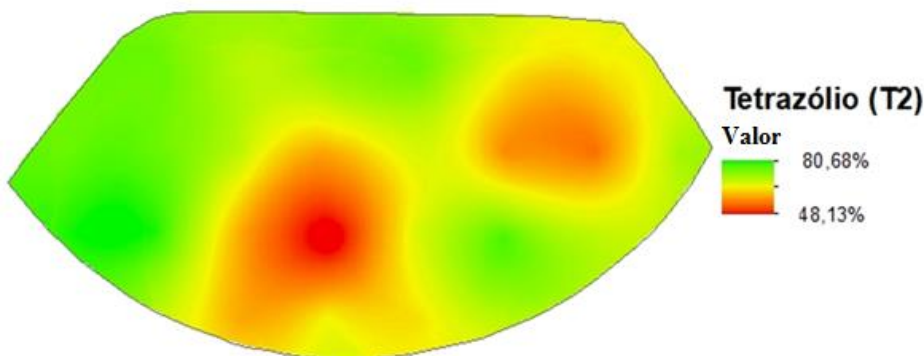


Figura 7 – Mapa de distribuição do vigor das sementes de milho pelo teste de tetrazólio no Tempo 2.

Apesar dos parâmetros PROD, PP, G2, EA2 e CE2 não apresentarem autocorrelação significativa pelo o Índice Global de Moran, optou-se por fazer a modelagem desses parâmetros em mapas de distribuição espacial (Figura 8). Para esses mapas foi utilizado a interpolação por um método determinístico mais simples, o método do Inverso da distância. Dessa forma, com os mapas de distribuição espacial dessas variáveis, é possível identificar variações dentro do campo de produção de sementes de milho.

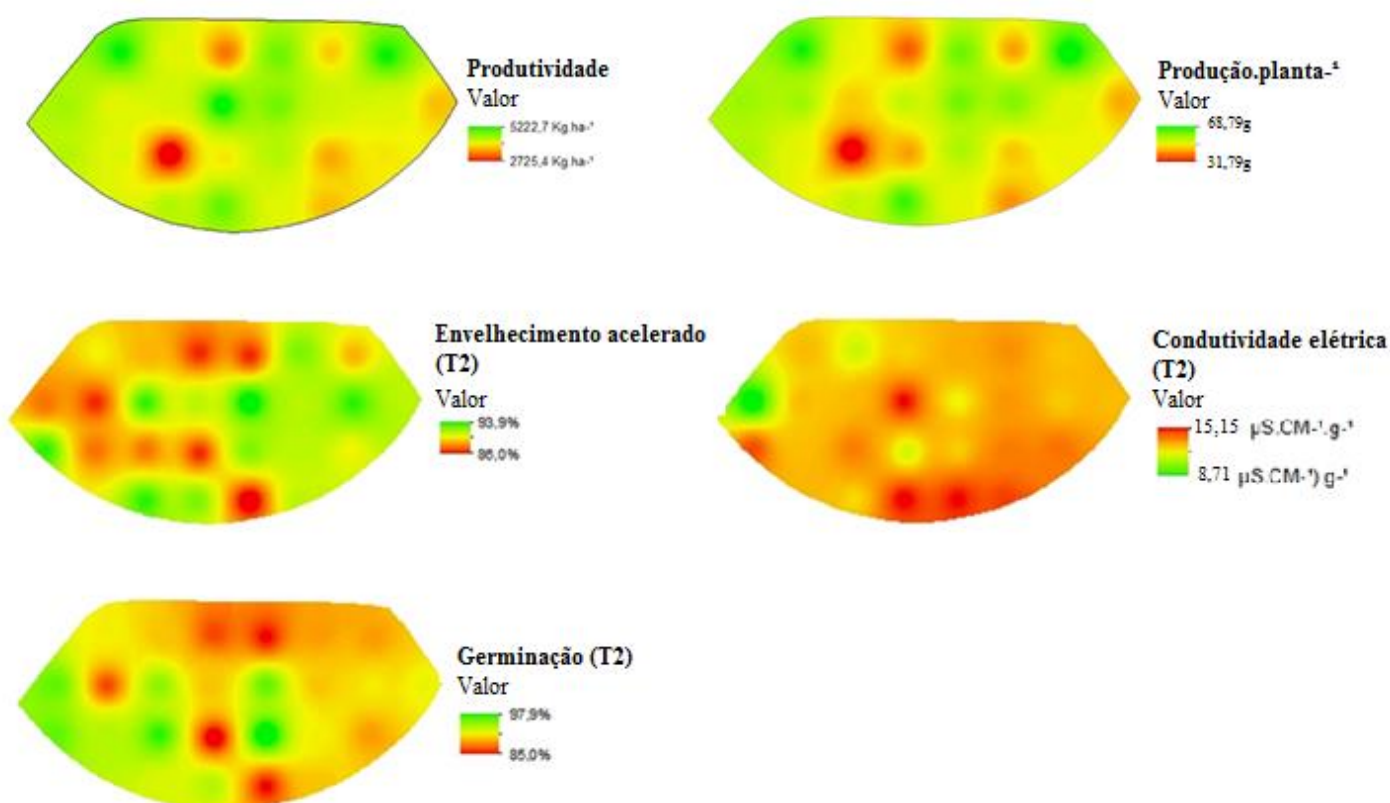


Figura 8 - Distribuição espacial de produtividade, produção por planta, germinação aos 100 DAC, envelhecimento acelerado aos 100 DAC e condutividade elétrica aos 100 DAC no campo de produção de sementes de milho.

É possível identificar nos mapas interpolados uma pequena faixa na qual obteve-se alta produtividade e produção por planta em que nos testes de qualidade das sementes (G2, EA2 e CE2) não responderam com a mesma tendência positiva. Porém como os dados apresentaram aleatoriedade no espaço, não é possível afirmar este comportamento apresenta essa tendência.

Sobretudo, é possível visualizar nos mapas que os pontos que apresentam maior produção por planta são aqueles que vão responder proporcionalmente em maior

produtividade. Pelos mapas é identificadas faixas satisfatórias de produtividade e poucas faixas críticas. Apesar de toda a tecnologia disponível, e fazendo uso do que há de mais moderno como a agricultura de precisão, a quantidade de sementes produzidas em algumas regiões tem sido comprometida. Amado et al., (2006) ainda destaca que o mapa de produtividade é usado na tomada de decisão e análise de desempenho agrícola da propriedade. Uma vez que se trabalha com semeadura em taxa variável, espera-se uma homogeneização na produtividade da área. Quando esta homogeneidade não é alcançada, não há a necessidade do uso dessa tecnologia em prol da área. Por sua vez, os mapas ainda contribuem no gerenciamento da variabilidade espacial das lavouras comerciais, auxiliando no manejo e na condução da área.

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) estabelece uma germinação mínima de 80% para comercialização de sementes. No entanto, as empresas produtoras de semente adotam um padrão interno mínimo acima do exigido pelo MAPA para comercialização de suas sementes. Sabendo disso, os resultados do teste de germinação no T2 (G2) das sementes produzida no campo apresentou um baixo CV de 3,72%. Já o percentual de germinação variou de 85% a 98% com uma média de 90,94% enquadrando-se acima do mínimo exigido para comercialização de sementes. Mondo et al., (2008) revelou na sua pesquisa com soja resultados parecidos na germinação com média de 88%, e valores máximo e mínimo de 98% e 64%, respectivamente, além de um CV superior ao encontrado nesse trabalho, embora ainda considerado baixo pelo autor (7,6%).

Com o mapa de distribuição espacial do G2 é possível identificar zonas que apresentam menor potencial de germinação em 100 de armazenamento (Figura 8). Isso pode ser atribuído pela variabilidade nutricional em que as plantas se encontraram, respondendo diretamente no ponto de maior qualidade das sementes, o ponto de maturidade fisiológica (DIAS, 2001). O cálcio por exemplo, é um nutriente de suma importância na formação, frutificação e desenvolvimento das sementes (SPINOLA E CÍCERO, 2000). Rosseto et al., (1994) constatou que sementes de amendoim produzidas em maior concentração de cálcio responderam em maior qualidade fisiológica mesmo após seis meses armazenadas. Por outro lado, Harrington, (1971) afirma que as sementes iniciam o período de armazenamento ao atingir a maturidade fisiológica, sendo que a partir desse momento o que ocorre é uma redução na qualidade das sementes pelo processo de deterioração das mesmas. Nesse aspecto, uma possível variabilidade no ponto

de maturidade fisiológica da área, pode ter comprometido a qualidade das sementes em alguns pontos.

Contudo, até as zonas com capacidade de germinação inferior apresentam germinação satisfatória para comercialização. Mattioni, et al., (2011), afirma que com o mapa de germinação é possível identificar as zonas que apresentam e as que não apresentam qualidade satisfatória, e paralelamente a isso, esses mapas podem ser confeccionados para identificar áreas que produzem sementes com longevidade superior.

Os mapas do teste de envelhecimento acelerado, condutividade elétrica (Figura 8) e vigor pelo teste de tetrazólio (Figura 7) ainda ilustram uma distribuição da qualidade fisiológica pelo vigor das sementes 100 dias armazenadas. Apesar dos resultados encontrados indicarem sementes ainda de ótima qualidade, é possível encontrar pequenas variações da qualidade dentro do pivô de produção. Assim como para a germinação, o potencial de armazenamento de sementes ortodoxas como o milho, é determinado pelas condições ambientais prevalentes na fase de enchimento da semente, e o período entre a maturidade fisiológica e a colheita destas sementes (VILLELA e MENEZES, 2009). Segundo Machado, (2002) o baixo vigor pode influenciar na uniformidade, emergência, tamanho das plântulas e o adequado estabelecimento dos estandes.

Os diferentes estandes de plantas encontrados na área que é consequência da densidade variável de semeadura em função dos nutrientes do solo, pouco interferiram no potencial fisiológico das sementes, principalmente após 100 de armazenamento como é mostrado nos parâmetros G2, EA2, CE2 e TZ2. Resultado semelhante foi encontrado por Mondo et al., (2008) principalmente para germinação. As sementes dispostas em solos de baixa fertilidade, originam plantas que respondem com uma diminuição na quantidade das sementes produzidas e não na sua qualidade (DELOUCHE, 1980). Para assegurar a perpetuação da espécie, as plantas em condições desfavoráveis (estresse) translocam seus fotoassimilados para as sementes.

As faixas de variações para todos os atributos estudados foram consideradas estreitas, influenciando no modelo geostatístico usado. A aleatoriedade encontrada em todos os parâmetros através dos variogramas, mostrou a não existência de dependência espacial dos mesmos. O uso da autocorrelação espacial pelo índice de Moran Global em etapa anterior à modelagem, não é sinônimo de dependência espacial. Talvez seja fundamental o uso de grades com maior quantidade de vizinhos próximos devido à tamanha variabilidade e aleatoriedade das variáveis estudadas. Nesse contexto,

pressupõe-se que o gride amostral correto seja variável, sendo essencial usar sempre maior quantidade de pontos para assegurar a validade dos resultados.

6 CONCLUSÃO

O aumento da taxa de semeadura proporciona maior quantidade de plantas na colheita e menor produção de sementes por plantas, mas estas são compensadas por uma população maior de plantas refletindo em produtividade similares independentemente da taxa de semeadura.

Baseado nos variogramas do tipo exponencial e esférico, não há dependência espacial nas variáveis que se autocorrelacionaram, exibindo aleatoriedade nos dados estudados.

A distribuição espacial ilustrada por mapas de interpolação pode ser considerada uma ferramenta da gestão interna de qualidade de sementes implicando na tomada de decisão do campo de produção.

Mais estudos devem ser realizados para tentar identificar variabilidade na qualidade fisiológica das sementes de milho. Porém deve-se usar um grid de amostragem menor que foi utilizado nesse trabalho.

REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, R. C. et al. **Cultivo do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010.
- AMADO, T.J.C.; BELLÉ, G.L.; DELLAMEA, R.B.C.; PES, L.Z.; FULBER, R.; PIZZUTI, L.; SCHENATO, R.B.; LEMAINSKI, C.L. Projeto Aquarius-Cotrijal: pólo de agricultura de precisão **Revista Plantio Direto**, v.91, n, 2006.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS. Seed vigor testing handbook. **East Lansing: AOSA**, 1983. 93p. (Contribution 32).
- BARBOSA, J. V. A. (1983). Fisiologia do milho. **Embrapa Milho e Sorgo-Capítulo em livro científico (ALICE)**.
- BARROS, J. F.C; CALADO, J. G. **A cultura do milho**. 2014.
- BERGONCI, J.I.; BERGAMASCHI, H.; SANTOS, A.O.; FRANÇA, S.; RADIN, B. Eficiência da irrigação em rendimento de grãos e matéria seca de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.7, p.949- 56, 2001.
- BESPALHOK, J. C.; GUERRA, E. P.; OLIVEIRA, R. **Melhoramento de plantas**. Curitiba: UFPR, 2007.
- BREDEHOEFT, M.W.; LAMB, J.A.; REHM, G.W. Grid cell size needed for sugar beet nitrogen recommendations in southern Minnesota: root quality and recoverable sugar. In: **Proceedings of the 5th International Conference on Precision Agriculture**. Bloomington (USA): ASA/ CSSA/ SSSA, 2000.
- CATÃO, H. C. R. M. et., al (2010). Qualidade física, fisiológica e sanitária de sementes de milho crioulo produzidas no norte de Minas Gerais. **Ciência Rural**, 40(10), 2060-2066.
- COELHO, A. M. (2005). Agricultura de precisão: manejo da variabilidade espacial e temporal dos solos e culturas. **Embrapa Milho e Sorgo-Documentos (INFOTECA-E)**.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos** v. 7 - Safra 2019/20 n.4 - CONAB Quarto levantamento, janeiro 2020.
- CRUSIOL, L., NANNI, M., FURLANETTO, R., SILVA, G., SILVA, M., SIBALDELLI, R., ... & FARIAS, J. (2017). Sensoriamento remoto aplicado ao monitoramento do déficit hídrico na cultura da soja. In **Embrapa Soja-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: JORNADA ACADÊMICA DA EMBRAPA SOJA, 12., 2017, Londrina. Resumos expandidos... Londrina: Embrapa Soja, 2017. p. 119-127.
- DANCEY, C. e REIDY, J. (2006), **Estatística Sem Matemática para Psicologia: Usando SPSS para Windows**. Porto Alegre, Artmed.

DELOUCHE; J.C. Environmental effects on seed development and seed quality. **HortScience**. v.15, p.775-780, 1980.

DIAS, D. C. F. S (2001), Maturação de sementes. **Seed News**. Edição V.

DIAS, M. e BARROS, A. (1999). Metodologia do teste de tetrazólio em sementes de milho. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: **ABRATES**, 1-10.

DUTRA, A. S. e VIEIRA, R. D. (2004). Envelhecimento acelerado como teste de vigor para sementes de milho e soja. **Ciência Rural**, 34(3), 715-721.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Produção vegetal**. EMBRAPA, Porque se preocupar com a densidade de semeadura em milho?. 2015.

FANCELLI, A.L.; DOURADO-NETO, D. **Tecnologia da produção de milho**. Piracicaba: FEALQ/ ESALQ/USP, 1999. 360p.

FARACO, M. A.; URIBE-OPAZO, M. A.; SILVA, A. A.; JOHANN, J. A.; e BORSSOI, J. A. (2008). Seleção de modelos de variabilidade espacial para elaboração de mapas temáticos de atributos físicos do solo e produtividade da soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 32(2), 463-476.

FILHO, M. J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA-NETO, J.B. (Eds.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: Abrates, 1999. cap.3, p.1-24.

FRIGERI, T. **Interferência de patógenos nos resultados dos testes de vigor em sementes de feijoeiro**. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2007. 77p.

GEORGE, R.A.T. Vegetable seed production. London: **Longman group**, 1985. 318p.

GOULART, Augusto César Pereira; DE MELO FILHO, Geraldo Augusto. **Quanto custa tratar as sementes de soja, milho e algodão com fungicidas?** Dourados^ eMS MS: Embrapa Agropecuária Oeste, 2000.

HARRINGTON, J. Drying, storage and packaging: present status and future needs. In: SHORT COURSE FOR SEEDSMEN, 1971, **Mississippi State. Proceedings... Mississippi State**, 1971, p.133- 139.

HÖFS, A.; SCHUCH, L.O.B.; PESKE, S.T.; BARROS, A.C.S.A. Efeito da qualidade fisiológica das sementes e da densidade de semeadura sobre o rendimento de grãos e qualidade industrial em arroz. **Revista Brasileira de Sementes**, v.26, n.1, p.55-62, 2004a.

IOWA STATE UNIVERSITY. National corn handbook. **Cooperative extension Service**. Ames. 1993. 612p.

JUNQUEIRA, R. Á. R.; MORABITO, R. Um modelo de otimização linear para o planejamento agregado da produção e logística de sementes de milho. **Production**, v. 16, n. 3, p. 510-525, 2006.

KOLCHINSKI, E. M., Schuch, L. O. B., & Peske, S. T. (2006). Crescimento inicial de soja em função do vigor das sementes. **Current Agricultural Science and Technology**, 12(2).

KRZYZANOWSKI, F. C. et al. Testes de vigor: importância e utilização. **Vigor de sementes: conceitos e testes**, p. 1.1 citation_lastpage= 1.20, 1999.

KRZYZANOWSKI, F.C.; WEST, S.H.; FRANÇA NETO, J.B. Teste de deterioração controlada para avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja. **Informativo ABRATES**, Londrina, v.11, n.2, p.185, 2001.

MACHADO, R.F. Desempenho de aveia – branca (*Avena sativa* L.) em função do vigor de sementes e população de plantas. 2002. 46f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Sementes) – **Curso de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de sementes, Universidade Federal de Pelotas**, Pelotas, 2002.

MAGALHÃES, P. C; DURÃES, F, O. M. Fisiologia da produção de milho. **Embrapa Milho e Sorgo-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2006.

MARINI, Patrícia et al . Qualidade fisiológica de sementes e crescimento de plântulas de alface (*Lactuca sativa* L.) submetidas ao nitrogênio. **Rev. bras. sementes**, Londrina , v. 31, n. 1, p. 222-227, 2009 .

MARTIN, Thomas Newton et al. Questões relevantes na produção de sementes de Milho-primeira parte. **Revista da FZVA**, v. 14, n. 1, 2007.

MATTIONI, N. M. **Variabilidade espacial da qualidade fisiológica de sementes de soja estimada pela condutividade elétrica massal e individual**. Ciência e Tecnologia de Sementes (Doutorado). Universidade Federal de Pelotas- RS. 2013. 93p.

MATTIONI, N. M.; SCHUCH, L. O. B.; VILLELA, F. A. Variabilidade espacial da produtividade e da qualidade das sementes de soja em um campo de produção. **Rev. bras. sementes**, Londrina , v. 33, n. 4, p. 608-615, 2011 .

MEDEMA, D.J.; VAN BERGELJK, J. Spatial variability of sugar beet yield and quality in relation to several soil properties. In: **Proceedings of the 5th International Conference on Precision Agriculture. Bloomington (USA): ASA\ CSSA\SSSA**, 2000.

MIRANDA, N. de O. et al. Variabilidade espacial da qualidade de frutos de melão em áreas fertirrigadas. **Horticultura Brasileira, Brasília**, v. 23, n. 2, p. 242-249, 2005.

MONDO, V. H. V. et al. Spatial variability of soil fertility and its relationship with seed physiological potential in a soybean production area. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 34, n. 2, p. 193- 201, 2012.

MONDO, V. H. V., Junior, F. G. G., Ferreira, T. L., Pinto, J. L. D. M., de Araújo Motomiya, A. V., Molin, J. P., & Cicero, S. M. (2008). Variabilidade espacial da qualidade das sementes em uma área de produção de soja. In **Congresso brasileiro de agricultura de precisão**. Piracicaba: Esalq.

MULLA, D. J.; SCHEPERS, J. S. Key process and properties for site-specific soil and crop management. In: PIERCE, F. J.; SADLER, E. J. (Ed.) **The state of site-specific management for agriculture**. Madison: ASA: CSSA: SSSA, 1997. p. 1-18

NASCIMENTO, W.M.; PESSOA, N.B.S.V. & BOITEOX, E.S. Qualidade fisiológica de sementes de milho doce submetidas a diferentes processo de colheita debulha e beneficiamento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília. v.29, n.8, p.1.211-1.214. 1994.

Neto, G. A. (2015). Variabilidade espacial da produtividade, qualidade fisiológica e rastreabilidade em campo de produção de semente de soja.

Neto, G. R. O. (2017). **Polinização na produção de híbrido simples de milho: ação de fatores edafoclimáticos** (Master's thesis, Universidade Federal de Pelotas).

NETO, G., Ronald Otto. **Polinização na produção de híbrido simples de milho: ação de fatores edafoclimáticos**. 2017. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pelotas.

NUNES, J. L. S. Características do Milho (*Zea mays*). **Agrolink**, 2016.

OLIVEIRA, M. L. A.; AZEREDO, R. A.; ARAÚJO, G. L.; e MANTOVANI, E. C. (2016). ESTIMATIVA DE PRODUÇÃO EM ÁREAS IRRIGADAS SOB O CULTIVO DA CULTURA DO MILHO UTILIZANDO IMAGENS DE SATÉLITE. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada-RBAI**, 10

PACHECO, C. A. P.; CASTOLDI, F. L.; ALVARENGA, E. M. Efeito do dano mecânico na qualidade fisiológica e na capacidade de expansão de sementes de milho pipoca. **Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 1996.

PALHARES, M. (2003). **Distribuição e população de plantas e produtividade de grãos de milho** (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo).

PIMENTEL-GOMES, F. (1985). **Curso de Estatística Experimental**, 11. ed. Piracicaba, USP, 1982. 430p.

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

POVH, F. P. (2011). **Gestão da adubação nitrogenada em milho utilizando sensoriamento remoto** (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo).

ROSSETTO C. A. V., J. NAKAGAWA, ROSOLEM C. A. Efeito do momento de colheita e da calagem na qualidade fisiológica de sementes de amendoim (*Arachis hypogaea*) cv. Botutatu. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 16, n.2, p. 138-146, 1994.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL DE GOIÁS - SENAR/AR-G. **Agricultura de Precisão na Semeadura**, 2015.

SILVA, S. D. et al. **Simulação do crescimento, desenvolvimento e produtividade de milho em clima presente e futuro**. 2018. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Maria.

SILVA, V.R da et al. Variabilidade espacial das características químicas do solo e produtividade de milho em um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico arênico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 6, p. 1013-1020, 2003.

SPINOLA, M. C. M.; CICERO, S. M. Qualidades física e fisiológica de sementes de amendoim submetidas a gesso agrícola: I. Área com calagem. **Sci. agric.**, Piracicaba, v. 57, n. 1, p. 113-119, Mar. 2000.

TIMÓTEO, T. S. et al. Condicionamento, qualidade de sementes e sincronismo do florescimento em campo de produção de sementes do milho híbrido gnz 2004. **Bragantia**, v. 69, n. 3, p. 719-725, 2010.

TRANGMAR, B.B. et al. Application of geostatistics to spatial studies of soil properties. **Advances in Agronomy**, New York, v.38, n.1, p.45-93, 1985.

VAZQUEZ, G. H.; CARVALHO, N. M. D., e BORBA, M. M. Z. (2008). Redução na população de plantas sobre a produtividade e a qualidade fisiológica da semente de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, 1-11.

VIAN, A. L. et al., (2016). Variabilidade espacial da produtividade de milho irrigado e sua correlação com variáveis explicativas de planta. **Ciência rural. Santa Maria**. Vol. 46, n. 3 (mar. 2016), p. 464-471.

VIEIRA, R. D., e KRZYZANOWSKI, F. C. (1999). Teste de condutividade elétrica. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: *ABRATES*, 1, 1-26.

VILLELA, F. A e MENEZES, N. L (2009), O potencial de armazenamento de cada semente. **Seed News**. Edição XIII.

WEBSTER, R., e OLIVER, M. A. (2007). **Geostatistics for environmental scientists**. John Wiley & Sons.