



UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
CAMPUS DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA - PRODUÇÃO VEGETAL

Tássia Taiana Abreu Tavares de Melo

**PERFORMANCE DE LINHAGENS DE MILHO EM
CULTIVO PROTEGIDO COMO FERRAMENTA PARA
ACELERAÇÃO DE NOVAS TECNOLOGIAS**

Petrolina - PE

2018

Tássia Taiana Abreu Tavares de Melo

**PERFORMANCE DE LINHAGENS DE MILHO EM
CULTIVO PROTEGIDO COMO FERRAMENTA PARA
ACELERAÇÃO DE NOVAS TECNOLOGIAS**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal do Campus de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Vale do São Francisco, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Agronomia – Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Jeronimo Constantino Borel

Petrolina - PE

2018

Tássia Taiana Abreu Tavares de Melo
M528p PERFORMANCE DE LINHAGENS DE MILHO EM CULTIVO PROTE-
GIDO COMO FERRAMENTA PARA ACELERAÇÃO DE NOVAS TECNOLOGIAS/
Tássia Taiana Abreu Tavares de Melo. – Petrolina - PE, 2018-
50 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Agronomia - Produção Vegetal) – UNIVERSIDADE
FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
CAMPUS DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS , Petrolina - PE, 2018.
Orientador: Prof. Dr. Jeronimo Constantino Borel

Referências.

1. Zea mays. 2. Transplântio. 3. Aceleração do Melhoramento. 4. Produção
I. Performance de linhagens de milho em cultivo protegido como ferramenta
para aceleração de novas tecnologias. II. Universidade Federal do Vale do São
Francisco.

CDD 633.171

UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
CAMPUS DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA - PRODUÇÃO VEGETAL

FOLHA DE APROVAÇÃO

Tássia Taiana Abreu Tavares de Melo

**PERFORMANCE DE LINHAGENS DE MILHO EM
CULTIVO PROTEGIDO COMO FERRAMENTA PARA
ACELERAÇÃO DE NOVAS TECNOLOGIAS**

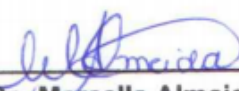
Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal do Campus de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Vale do São Francisco, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Agronomia – Produção Vegetal.

Aprovado em: 28 de março de 2018

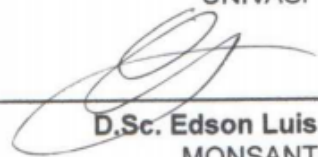
Banca Examinadora



Prof. D.Sc. Jeronimo Constantino Borel
UNIVASF



Prof.ª D.Sc. Marcelle Almeida da Silva
UNIVASF



D.Sc. Edson Luis Kemper
MONSANTO

Ao meu pai, meu amor, minha inspiração, meu herói...

Agradecimentos

A Deus, por ter me presenteado com essa maravilhosa experiência de viver.

A minha família, meu pai, Luiz José por todo incentivo, amor e carinho. Minha mãe, Aurileide Melo por toda dedicação com muito amor a nossa família, e ao meu irmão, Diêgo Melo, por todo amor, carinho e cumplicidade. Ao exemplo da estrutura familiar, sustentada pelo amor, respeito e cumplicidade sendo assim principal base da minha educação e caráter. Aos meus companheiros caninos Pretinha, Apolo e Sherlock por toda fidelidade, amor e momentos de alegria.

À Universidade Federal do Vale do São Francisco, em especial ao setor de produção vegetal, por todo apoio e ensinamentos. Ao meu orientador, Jerônimo Borel pelo tempo dedicado a condução desse projeto e os ensinamentos compartilhados. A Marcelle Alves e Francine Hiromi por todo apoio e ensinamentos.

À turma PV 2016.1 pelo acolhimento, parceria e principalmente pelas amizades construídas durante esse período. Em especial, a Maria da Graça e Jandelson pela ajuda constante no acompanhamento dos conteúdos das disciplinas e principalmente pelos lembretes dos prazos dos trabalhos e provas. A Camila, minha companheira de seminários. A Joanylla, Bruna Ribeiro, Jackson, Witalo e Maria de Lourdes pelos bons e alegres momentos compartilhados.

À empresa Monsanto pela oportunidade de condução do experimento e pelo investimento no meu desenvolvimento profissional fazendo possível a conclusão desse mestrado. Em especial, ao Adolar Freitag e Mourad Abdenhadher pela confiança no meu potencial e pelas diversas oportunidades criadas para o meu desenvolvimento. À família Monsanto Petrolina por fazer do ambiente de trabalho um lugar maravilhoso. Ao Edson Kemper pela ajuda na liberação desse projeto. A Kamylla Leandro, pelo apoio e dicas nas análises estatísticas. Ao grupo da estufa, Márcio Swider, Talles Rodrigues, Núbia Lima, Claudenilson Santos, Cinaria, João Pedro, Vicente Coelho, Iranildo Oliveira e Diogenes Fauro, por toda ajuda na obtenção dos dados e condução do experimento.

A minha segunda família Astride, Ingrid e Paulo Mendes por ter me acolhido e apoiado nessa jornada. Ao Raphael Mendes, por todo amor, carinho, inspiração e ajuda na condução dos dados desse trabalho.

Aos meus amigos de infância, Alexandre Maciel, Camila Buarque, Paula Mayara, Taty Martins e Cibele Alves que apesar da distância estão sempre presentes na minha vida.

*"Não deixe de fazer algo que gosta devido à falta de tempo, a única falta que terá,
será desse tempo que infelizmente não voltará mais."*

Mario Quintana

Resumo

Com o constante crescimento da cultura do milho no mercado mundial, investimentos que buscam inovações tecnológicas no setor estão cada vez mais expressivos. Uma solução para controlar melhor as características edafoclimáticas, promovendo a aceleração do ciclo e garantindo o manejo adequado é a aplicação do cultivo protegido. A utilização do cultivo protegido é um processo estabelecido para hortaliças, porém o milho por se tratar de uma grande cultura precisa do desenvolvimento de ensaios afim de se obter as melhores condições de cultivo. O tamanho dos vasos é um fator crucial para o desenvolvimento das plantas, tendo em vista que pequenos vasos podem provocar estresse mecânico no sistema radicular. Essa restrição do sistema radicular pode provocar dificuldade da planta em absorver água, nutrientes e na disponibilidade de oxigênio no substrato. Pesquisas demonstram que mesmo após o transplântio para vasos maiores as injúrias no desenvolvimento podem ser irreversíveis. Para tanto foi desenvolvido um experimento na unidade da empresa Monsanto no município de Petrolina objetivando entender o efeito de diferentes idades do transplântio em plantas oriundas de vasos de 500mL para vasos de 9L utilizando como períodos 15, 20, 25, 30, 35, 40 e 45 dias após o plantio (DAP). Foram testadas o comportamento de 6 linhagens do programa de melhoramento da empresa e avaliado as injúrias provocadas pelo tempo de permanência nos vasos na produtividade e desenvolvimento das plantas. Foi observado que para as variáveis de crescimento as menores médias foram encontradas entre os tratamentos transplântados de 30, 35, 40 e 45 DAP quando comparadas com o tratamento controle semeado diretamente nos vasos de 9L. Para a variável alocação de biomassa da raiz e parte aérea também foi observado um desbalanceamento maior entre os tratamentos transplântados 30, 40 e 45 DAP em relação ao controle. As avaliações de florescimento mostraram uma maior produção de sementes para os tratamentos controle, 15, 20 e 25 DAP quando comparado com os tratamentos mais tardios. Essas injúrias no desenvolvimento e florescimento provocados pelas respostas a permanências das plantas nos vasos pequenos afetaram drasticamente a produção. Demonstrando que o desenvolvimento da planta está altamente correlacionado com as condições do sistema radicular, do qual utiliza mecanismos internos de sinalização para transmitir as condições do solo para toda a planta.

Palavras-chaves: *Zea mays*, Transplântio, Aceleração do Melhoramento, Produção

Abstract

The constant growth of the corn crop in the global market has attracted investments that seek for technologic innovation in the sector. One solution to better control the edaphic characteristics, promoting a cycle acceleration and guaranteeing the adequate management is the usage of protected culture. The protected culture is an established process for vegetables, however, on the other side the Corn crop, as a major crop needs the development of assays in order to obtain the best cultivating conditions. The size of pots is a crucial factor for the plant development, as small pots may provoke mechanical stress to the radicular system. This restriction may restrict the water absorption, nutrients and oxygen availability in the substrate. Research shows that even after transplanting to larger plots, some injuries in the development might be irreversible. Thus, an experiment was conducted in a Monsanto station in Petrolina-PE aiming to understand and assess the effects of different ages of transplanting in plants from 500 mL pots to 9L pots, using 10, 20, 25, 30, 35, 40 and 45 days after planting (DAP) as periods. Six lines were tested from the company breeding program and evaluated in the aspects of: effects of injuries provoked by the period of permanence in the pots in seed production and plants development. It was observed that for the growing variables, the lowest averages were found in the 30, 35, 40 and 45 DAP when compared to the control treatment, that was sowed directly in 9L pots. In the variable biomass allocation was also observed a higher imbalance in the treatments 30, 40 and 45 DAP when compared to the control. The flowering variables showed a higher seed production in the control treatments: 15, 20 and 25 DAP when compared to the later treatments. These injuries in the plant flowering and development stages caused by the response of the plants kept in the smaller pots affected drastically the seed production. Showing that the plant development is highly correlated with the radicular system conditions that utilizes intern mechanisms to transport the soil conditions to the plant.

Key-words: *Zea mays*, Transplant, Speed Breeding, Production

Lista de ilustrações

Figura 1 – Esquema da seleção assistida por marcadores	20
Figura 2 – Médias de temperatura e umidade durante a condução do experimento	26
Figura 3 – Visão geral das plantas antes do transplântio	27
Figura 4 – Visão geral das plantas transplantadas	27
Figura 5 – Bandeja plástica com 12 células preenchidas com os ellepots	29
Figura 6 – Colunas cinzas representam as médias do comprimento total da planta (CT) e colunas pretas representam o comprimento da raiz (CR) das seis linhagens de milho cultivados em Petrolina-PE. Letras com coloração branca são as médias estatísticas para o CR e letras pretas indicam médias para o CT. Médias seguidas por mesma letra minúsculas, pertencem ao mesmo grupo para as diferentes épocas de transplântio. Médias seguidas por mesma letra maiúsculas, pertencem ao mesmo grupo para as diferentes linhagens. Ambas analisadas pelo teste de Scott-knott a 5% de probabilidade.	32
Figura 7 – Médias da altura das plantas em centímetros das seis linhagens de milho cultivadas em Petrolina-PE submetidas as diferentes épocas de transplântio.	34
Figura 8 – Médias do diâmetro do colmo em milímetros das seis linhagens de milho cultivadas em Petrolina-PE submetidas as diferentes épocas de transplântio.	36
Figura 9 – Médias da alocação de biomassa da parte aérea (ABPA) e da raiz (ABR) em porcentagem das seis linhagens de milho cultivadas em Petrolina-PE submetidas as diferentes épocas de transplântio. Letras com coloração branca são as médias estatísticas para o ABR e letras pretas indicam médias para o ABPA. Médias seguidas por mesma letra minúsculas, pertencem ao mesmo grupo para as diferentes épocas de transplântio. Médias seguidas por mesma letra maiúsculas, pertencem ao mesmo grupo para as diferentes linhagens. Ambas analisadas pelo teste de Scott-knott a 5% de probabilidade.	38
Figura 10 – Média das frequências relativas de seis linhagens de milho cultivadas em Petrolina-PE submetidas as diferentes épocas de transplântio	44
Figura 11 – Média, primeiro e nono percentil da produção de sementes por espiga submetidas as diferentes épocas de transplântio	45

Figura 12 – Média, primeiro e nono percentil da produção de sementes por es-
piga de seis linhagens de milho cultivadas em Petrolina-PE subme-
tidas as diferentes épocas de transplântio 45

Lista de abreviaturas e siglas

CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
CTNBio	Comissão Técnica Nacional de Biossegurança
PEBD	Polietileno de Baixa Densidade
RFLPs	Polimorfismo de Restrição
ABT	Alocação de Biomassa Total
ABR	Alocação de Biomassa da Raiz
ABPA	Alocação de Biomassa da Parte Aérea
CT	Comprimento Total
CR	Comprimento Raiz
PROD	Produtividade
DA	Diâmetro do Colmo
Alt	Altura da Planta
S50	Data florescimento flor feminina
P50	Data florescimento flor masculina
POLVL	Nota Volume de Polén
EAR	Nota qualidade da boneca
TSKCT	Presença de esqueletonização do pendão
ABRTCOTB	Abortamento de boneca
Seeds	Número de Sementes
BRKPLNT	Número de Plantas Quebradas
POLCT	Número de Plantas Polinizadas
TEARC	Número de Plantas que Produziram Sementes
STRLTAS	Número de Pendões Estéreis
ABRTTAS	Número de Plantas com Pendão Abortado
BRKNTAS	Número de Plantas com Pendão Quadrado

Sumário

	Lista de ilustrações	9
1	INTRODUÇÃO	13
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1	A cultura do milho e os aspectos econômicos	15
2.2	Evolução do melhoramento genético na cultura do milho	18
2.3	Cultivo protegido	22
2.4	Aspectos fisiológicos da cultura do milho	24
3	MATERIAL E MÉTODOS	26
3.1	Montagem e condução do experimento	28
3.2	Variáveis Analisadas	29
3.3	Análises Estatísticas	30
4	RESULTADOS	31
4.1	Avaliações Biométricas	31
4.2	Características relativas à biomassa	37
4.3	Avaliações do Florescimento	40
4.4	Produção de sementes por espigas	45
5	CONCLUSÃO	47
	REFERÊNCIAS	48

1 Introdução

Destacando-se como uma cultura versátil e com alto potencial produtivo, o milho alavancado pela safra recorde no Brasil de 97.712 mil toneladas, com um incremento de 46,9% no levantamento de safra de 2017, é um dos grãos mais produzidos no mundo e com uma grande contribuição no agronegócio e PIB brasileiro (CONAB, 2017). Esse mercado expansivo se deve aos investimentos no setor além do constante crescimento da produtividade do milho. Esse crescimento é oriundo de diversos fatores como: a técnica do plantio direto, agricultura de precisão enriquecendo as áreas de produção com informações climáticas e do solo, manejo integrado de pragas, monitoramento de insetos e doenças, adição de sementes melhoradas e implementação das sementes geneticamente modificadas que expressam resistência a pragas e herbicidas das quais contribuíram significativamente para a valorização do setor (CIB, 2017).

Além da implementação dessas inovações tecnológicas no setor, a evolução do melhoramento genético é um dos principais motivos que garantem essa alta produtividade. Nos primórdios utilizavam-se variedades como produtos comerciais, depois híbridos duplos e com o desenvolvimento de linhagens com alto potencial produtivo deu início a comercialização dos híbridos simples e triplos com alto vigor híbrido (ACQUAAH, 2007). O mais recente investimento inovador no setor é a técnica de edição gênica que visa o emparelhamento do DNA com o objetivo de alterar o genoma para alcançar os efeitos desejados. A implementação dessa técnica irá reduzir o tempo e custo para geração de novas linhagens, além da utilização para introgressão de genes oriundos da biotecnologia (BELHAJ et al., 2015).

Com a adição de todas essas ferramentas inovadoras visando a aceleração e aumento da qualidade das novas tecnologias de sementes, as metodologias dos processos de pesquisa estão aumentando a complexidade e o investimento agregando maior valor no produto final. Para garantir sucesso nas fases iniciais da pesquisa, empresas também estão investindo em técnicas inovadoras de manejo como a adoção do cultivo protegido.

O cultivo protegido é um sistema amplamente utilizado no cultivo de hortaliças que permite o controle das condições edafoclimáticas, entre elas: temperatura, umidade do ar, radiação, solo, vento e composição atmosférica. A utilização do cultivo protegido de forma apropriada pode acarretar em produtividades maiores e com qualidade superior quando comparadas ao campo. Adicionalmente, a implementação do cultivo protegido permite diversos plantios ao ano acelerando o processo de melhoramento (PURQUERIO; TIVELLI, 2006). A técnica conhecida como "speed breeding" se

baseia no controle total do ambiente em câmaras visando a aceleração das gerações. Com a adição da suplementação de luz é possível gerar um adiantamento no ciclo dos materiais permitindo assim o plantio de várias gerações no ano (WATSON et al., 2018).

Apesar do alto custo para a implementação do sistema, essa pode ser uma excelente alternativa quando se pretende trabalhar com seleção de indivíduos dentro de uma população, garantindo a otimização das atividades, maior produtividade, aceleração para obtenção das novas tecnologias e evitando custos excessivos no cultivo em campo devido a diminuição de área. Todavia, o cultivo protegido exige um manejo de plantas diferenciado, necessitando de conhecimento técnico sobre todas as etapas do processo e da cultura para que a produtividade não seja comprometida (PURQUERIO; TIVELLI, 2006).

Visando a utilização eficiente do cultivo protegido o tamanho dos vasos é um fator determinante para o uso adequado da área sem afetar o custo de produção. Para hortaliças, o plantio é realizado em bandejas com várias células permitindo a melhor utilização do espaço. Porém essas pequenas células são mais vulneráveis a flutuações de nutrientes, oxigênio, PH e sais solúveis no solo. A decisão do tamanho ideal do vaso vai depender do tipo de cultura e o tempo de produção. Para o plantio de populações visando a seleção precoce de indivíduos elites, os pequenos vasos podem ser utilizados para a fase inicial de crescimento e posteriormente transplantados para vasos maiores visando o total desenvolvimento da planta até o estágio final de produção (BENEDETTO et al., 2010).

Todavia o tempo que as plantas ficam acondicionadas nesses vasos pequenos precisa ser previamente estabelecido, gerenciando o volume de solo disponível para o desenvolvimento do sistema radicular. A restrição do sistema radicular pode provocar injúrias no crescimento da planta e na fisiologia. Pesquisas sugerem que a redução do crescimento do sistema radicular provoca a inibição do alongamento das folhas, mudanças na contenção de água, fotossíntese, partição da matéria seca, absorção de nutrientes e no metabolismo de hormônios. Dessa forma, faz-se necessário entender a idade ideal das plantas para o transplante visando a produção de mudas saudáveis e consequentemente plantas com máximo potencial produtivo (BENEDETTO et al., 2010).

Em virtude do milho ser uma grande cultura, na qual normalmente não é desenvolvida em ambientes controlados, além das respostas contraditórias em relação as espécies submetidas em tais condições de restrição do sistema radicular faz-se necessário desenvolvimento de ensaios para entender o comportamento do milho quando submetido as condições de cultivo protegido e determinar a data ideal para o transplante, buscando a máxima eficiência de produção sem comprometer o desenvolvimento e a produtividade das plantas de milho.

2 Revisão Bibliográfica

2.1 A cultura do milho e os aspectos econômicos

O milho é uma gramínea pertencente a família Poaceae, gênero *Zea* e espécie *mays* (*Zea mays* L.). A espécie é caracterizada pela alogamia, da qual apresenta a inflorescência feminina (espiga) e a masculina (pendão) com praticamente 100% de polinização cruzada. A espécie é diploide com 20 cromossomos nas células somáticas ($2n=20$). A planta é caracterizada por apresentar colmo cilíndrico com nós e entrenós curtos, o sistema radicular consta de raízes primárias e secundárias, além das adventícias e as folhas dispõem-se de forma alternada no colmo. A semente é um fruto do tipo cariopse que dependendo da forma, quantidade, distribuição dos grânulos de amido, teor de açúcares, pode ser classificado como dentado, duro, pipoca, opaco, farináceo, ceroso, doce e etc. O milho é um cereal de origem americana o qual se destacou na história por ser uma das primeiras culturas cultivadas pelas antigas civilizações (BOREM, 2009).

Atualmente o milho encontra-se disseminado em todo o mundo com grande valor econômico e imenso potencial produtivo. Essa disseminação se deve a variabilidade genética, adaptações climáticas e variações oriundas das seleções feitas pelo homem no decorrer da história. Desta forma cerca de 50% das raças são adaptadas a baixas altitudes (0 a 1.000m), 40% acima de 2.000m e 10% a altitudes intermediárias (1.000 a 2.000m). Em relação ao endosperma 40% é de amiláceos, 30% de grãos duros e cristalinos, 20% dentados, 10% pipocas e 3% milho doce. O milho também apresenta como característica sensibilidade ao fotoperíodo, no qual os milhos tropicais são adaptados à baixa latitude (0 a 25 graus) e a dias curtos (13h diárias de luz), enquanto os milhos de clima temperado são adaptados a latitudes maiores (25 a 40 graus) e a dias longos, aproximadamente 16 horas de luz (BOREM, 2005).

O cultivo de milho no Brasil é dividido em duas épocas de plantio. A safra, que é realizada na época chuvosa e que pode variar dependendo da região, e a safrinha, que representa o plantio do milho sequeiro, plantado entre fevereiro e março após o plantio da soja, predominantemente na região do Centro-Oeste e nos estados do Paraná, São Paulo e Minas Gerais. Nos últimos anos os investimentos para adaptação das condições para produção do milho safrinha vêm aumentando os rendimentos da lavoura. O milho é cultivado em todo território nacional, porém 90% da produção é observada nas regiões: Sul, Sudeste e Centro-Oeste, com respectivamente 43%, 25% e 22% da produção (SOUZA; BRAGA, 2004).

De acordo com o levantamento da safra de grãos setembro de 2017 disponibilizado pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) a primeira safra de milho apresentou crescimento nacional de 3,7% quando comparada com a safra anterior. Esse aumento nacional deve-se pela expansão do cultivo na região Centro-Sul da qual apresentou incremento de 6,3%. Em relação a segunda safra foi observado um incremento de 13,6% quando comparado a safra passada. O investimento no setor e as boas condições climáticas nas principais regiões contribuiu para uma produção recorde, atingindo 97.712 mil toneladas, com incremento de 46,9% (CONAB, 2017).

O uso do grão do milho está presente na alimentação humana, apesar desse setor apresentar a menor representação com apenas 1,2% do total de milho produzido nos EUA. Associando o consumo humano com o animal, o milho é versátil e por essa razão é o cereal mais produzido no mundo. Porém a grande maioria, 50,1% da produção total dos EUA é direcionado para a composição de rações para a avicultura e suinocultura, setores com grande importância no mercado mundial, tornando-o um dos principais segmentos econômicos no agronegócio brasileiro (AGENCIA, 2017). Apesar do setor agropecuário ter representado um crescimento de 10,9% no produto interno bruto em 2017, espera-se que o Brasil apresente uma taxa de aumento na produção de grãos de 24,2% até 2026/2027 (EBC, 2017).

O constante crescimento da produtividade do milho se deve a diversos fatores conectados com o avanço do agronegócio entre esses fatores podemos destacar a introdução de tecnologias modernas no setor, como por exemplo a técnica do plantio direto, da correção e da fertilização adequada do solo, técnicas de manejo integrado de plantas invasoras, doenças, insetos, pragas e da crescente adoção de sementes melhoradas com alta capacidade produtiva. Dentro das contribuições do melhoramento, a utilização de híbridos simples e implementação das sementes geneticamente modificadas foram as mais importantes contribuições para esse desenvolvimento. Atualmente 15 eventos de milho geneticamente modificadas estão liberados para uso comercial pela Comissão Técnica Nacional de Biossegurança (CTNBio) essas cultivares de milho geneticamente modificadas já liberadas envolvem o controle de insetos e tolerância a herbicidas, sendo que cinco deles apresentam ambas as características (CIB, 2017).

Contudo, diversos estudos têm demonstrado a necessidade de duplicar a produção mundial de grãos até 2050 visando atender a crescente demanda por alimento acarretado pelo aumento populacional, mudanças de dieta e aumento do consumo de biocombustíveis. Os investimentos em pesquisas estão buscando atingir maior rendimento produtivo das culturas, ao invés da expansão de terras agricultáveis que pode gerar um maior desequilíbrio ambiental. Até 2050 a produção agrícola precisa aumentar em 60%-110% para atingir as demandas. Para milho está sendo observado um aumento de 1.6% da produção por ano. O incremento anual deveria ser de 2.4% para

ser possível duplicar a produção até 2050 (RAY et al., 2013).

Melhores práticas agrícolas assim como melhoramento convencional, molecular, edição gênica, transgenia e "speed breeding" são as ferramentas que poderão contribuir para esse ganho na produtividade.

2.2 Evolução do melhoramento genético na cultura do milho

As primeiras cultivares de milho foram desenvolvidos através da polinização aberta, das quais foram produzidas variedades. Apesar do primeiro híbrido ter sido produzido em 1920s, a maioria dos produtores continuaram a cultivar as variedades até 1940s. A partir de 1960s o cultivo dos híbridos tornou-se predominante, inicialmente apenas os híbridos duplos eram comercializados, apesar que atualmente o cultivo de variedades ainda é comum entre os pequenos agricultores dos países em desenvolvimento. Depois de 1960s os melhoristas desenvolveram linhagens superiores com alta potencial de produção e estabilidade. Essas linhagens foram utilizadas para o desenvolvimento dos híbridos simples e triplos que cresceram em popularidade e dominaram o mercado. A partir de 1995 o uso da biotecnologia foi o maior incremento para o melhoramento de milho, resultando na criação dos produtos transgênicos, como o milho Bt (ACQUAAH, 2007).

De acordo com Borém (2005) a espécie *Zea mays* L. apresenta uma imensa diversidade de raças e de variedades das quais grande parte do germoplasma ainda não foi totalmente avaliada em relação ao seu potencial. Para obter sucesso no programa de melhoramento faz-se necessário objetividade, estudo do mercado e conhecimento do germoplasma disponível.

Para desenvolvimento de novas linhagens são utilizados diferentes métodos de melhoramento, tais como: genealógico, retrocruzamento, massal, descendente de uma única semente, duplo haplóides entre outros. Pedigree é o método mais utilizado pelos melhoristas para desenvolver linhagens. A seleção fenotípica apresenta uma intensidade maior de efetividade quando aplicada para características de alta herdabilidade como: resistência a pragas, maturidade, características morfológicas entre outros. O retrocruzamento é um método bastante eficaz quando se deseja transferir um ou poucas características de um doador para uma linhagem. O método de duplo haplóide tem como característica produzir linhagens homozigotas instantaneamente, é um método estratégico para aceleração da obtenção de novas cultivares. Todavia esse método não era amplamente usado devido a ausência de possibilidades para avaliação fenotípica e seleção, das quais são geradas uma ampla amostragem de linhagens que precisam ser avaliadas com habilidade de combinação (ACQUAAH, 2007).

Contudo novas tecnologias estão permitindo melhorias nessas metodologias, tais como: gerenciamento dos ambientes para seleção para estresses abióticos e bióticos, adoção de ferramentas de experimentação, softwares, além da aplicação de ferramentas moleculares e pesquisas biológicas que têm contribuído para o aumento da acurácia e eficiência dessas metodologias, resultando no aperfeiçoamento do desen-

volvimento de linhagens (ACQUAAH, 2007).

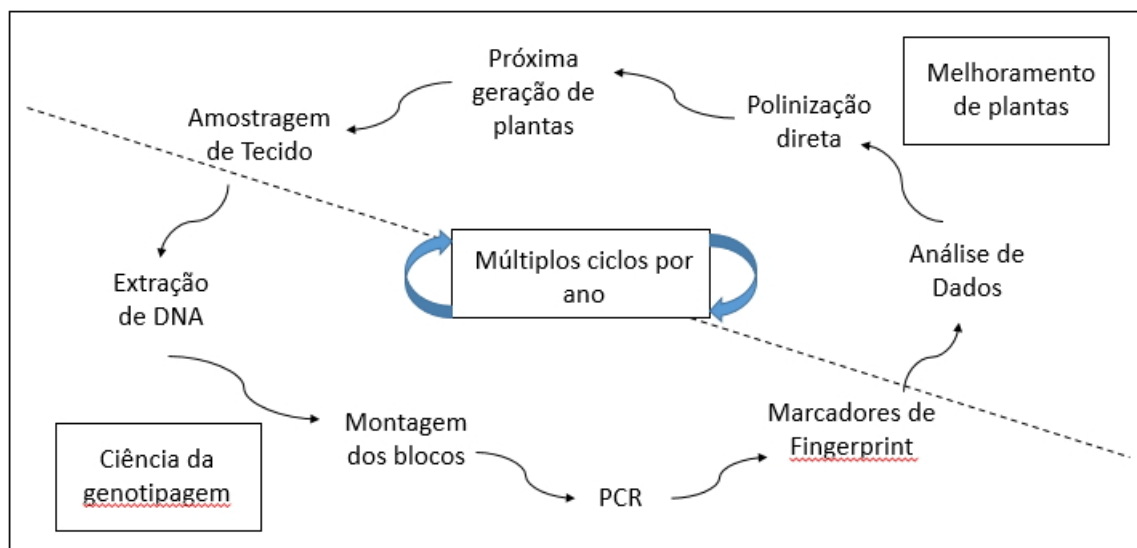
Várias pesquisas têm demonstrado avanços na utilização dos marcadores moleculares para seleção de características de alta herdabilidade, todavia apenas alguns estudos têm avaliado o potencial de ganho genético para características quantitativas. Em 1990 Monsanto decidiu adotar a utilização da seleção assistida por marcadores para características quantitativas no seu programa de melhoramento (EATHINGTON et al., 2007).

O aumento da eficiência do processo de seleção dentro dos programas de melhoramento vem ocorrendo desde a década de 80 com a criação do melhoramento molecular, o qual foi possível graças a identificação dos polimorfismos de restrição (RFLPs) e consequentemente criação dos marcadores moleculares. A Monsanto adotou a seleção assistida por marcadores moleculares no programa de melhoramento, juntamente com 5 componentes considerados essenciais para o sucesso dessa implementação: estrutura do programa de melhoramento, marcadores moleculares, plataforma de genotipagem, informações de fenotipagem e informação dos sistemas de tecnologia. O sucesso dessas práticas devem-se ao aumento nas tecnologias da genômica, a qual possibilitou a automação dos sistemas de marcadores moleculares e uma implementação em larga escala, devido à redução dos custos na produção. Entre os anos 2000 a 2006 a produção dos marcadores moleculares cresceu 40 vezes e o custo diminuiu significativamente. Em virtude dessa acessibilidade, a Monsanto construiu um sistema centralizado com todas as informações referentes à genotipagem, fenotipagem e origem dos materiais. Assim cada planta pode ser identificada e monitorada pelo sistema (EATHINGTON et al., 2007).

O processo em geral consiste na amostragem de partes do tecido foliar das plantas que após genotipagem, são identificadas e relacionadas com o sistema. Esse sistema permite que os melhoristas submetam populações para seleção assistida por marcadores moleculares e realize as seleções necessárias para o processo de melhoramento (Figura 1), dessa forma os melhoristas conseguem fazer seleções três ou quatro vezes por ano quando comparado com o melhoramento convencional do qual é possível apenas uma ou duas seleções (EATHINGTON et al., 2007).

Atualmente os principais centros de pesquisas estão trabalhando em uma nova tecnologia que pode ainda mais revolucionar o setor da agricultura, a edição genética. Cientistas acreditam que a edição genética pode propiciar novas variedades com alta tolerância a seca, doenças e resistência a pesticidas, aumentar a qualidade das sementes e reduzir o tempo e custo para a geração de novas linhagens. A técnica consiste na utilização de uma proteína chamada Cas9 que é programada para criar uma cadeia de busca RNA que edita o DNA emparelhando para alterar o genoma e alcançar os efeitos desejados (SEEDWORLD, 2017).

Figura 1 – Esquema da seleção assistida por marcadores



Fonte: Adaptado de (EATHINGTON et al., 2007)

Pesquisas realizadas com edição gênica em arroz transgênico demonstraram que a utilização da proteína CRISPR/Cas9 provoca uma rápida mudança no genoma da planta, permitindo em apenas uma geração obter indivíduos homozigotos. Essa técnica permite uma aceleração considerável no processo do melhoramento quando comparado com o melhoramento convencional e transformação gênica (ZHANG et al., 2014).

Juntamente com a edição gênica e seleção genômica uma poderosa e inovadora ferramenta conhecida como "speed breeding" está sendo utilizada para acelerar o desenvolvimento das plantas para pesquisas de mutação, fenotipagem e transformação. Essa técnica consiste na utilização do cultivo protegido com suplementação luminosa e protocolos específicos para cada cultura permitindo uma rápida aceleração do ciclo em larga escala, podendo ser aplicado para grandes populações como nos programas de melhoramento. O "speed breeding" tem demonstrado boas respostas para culturas que necessitam de uma extensão do fotoperíodo, porém a aplicação dos protocolos para culturas de dias curtos como milho e arroz é ineficaz. Existe outras formas de avanço de geração desses materiais como otimização do fotoperíodo, temperatura, densidade de planta e regime hídrico. Uma grande vantagem do "speed breeding" é favorecer a seleção precoce, a obtenção de populações, a melhor condução para materiais duplo haplóides e a facilidade de aumentar o ganho genético e produção dos materiais melhorados. Também pode ser usado para introgressão genética e haploidia com seleção assistida por marcadores moleculares (WATSON et al., 2018).

Com a implementação dessas novas tecnologias os processos para obtenção

de linhagens e adição da biotecnologia estão ficando cada vez mais complexos e agregando mais valor e qualidade no produto final. Porém para atender de forma efetiva esses novos processos se faz necessário que o manejo dessas populações seja adequado e minucioso nas fases de pesquisa. Para tanto as empresas estão adotando novos mecanismos como o cultivo protegido para acelerar as tecnologias e garantir sucesso na criação desses novos produtos.

2.3 Cultivo protegido

Após o surgimento da indústria petroquímica e com a alta produção de plástico aumentou-se o investimento na produção agrícola investindo em gotejadores, vasos, silos, impermeabilização de açudes, tanques, cobertura de túneis e estruturas de madeira e metálicas com a finalidade de utilizar como cultivo protegido de plantas. No início as estruturas para cultivo protegido eram feitas de vidro, devido as excelentes propriedades físicas. Porém após a descoberta do polietileno de baixa densidade (PEBD) esse material passou-se a ser o mais utilizado para a cobertura das estufas agrícolas devido ao menor custo, transparência e melhor manuseio quando comparado com o vidro (PURQUERIO; TIVELLI, 2006). Após essa alternativa o cultivo em ambiente protegido aumentou significativamente pelo mundo. Na década de 1990, estimativas indicam uma área de 716 mil hectares com estufas, em 2010 esse número aumentou para 3,7 milhões de hectares. No Brasil estima-se uma área de 2 mil hectares (SILVA; SILVA; PAGIUCA, 2014).

Produzir uma cultura no ambiente protegido significa ter um melhor aproveitamento dos recursos de produção (nutrientes, luz solar e CO₂) podendo aumentar a precocidade de produção e a redução de insumos e defensivos. Na utilização dos defensivos, o cultivo protegido se destacou pela redução do uso de pesticidas nesses ambientes, no qual o controle biológico é bastante utilizado e eficaz (PARRELLA, 2008). Porém dependendo do grau de tecnologia empregada no ambiente protegido pode ser uma alternativa de alto custo. Além disso, para o manejo adequado nesses ambientes é necessário um bom conhecimento técnico para criar o ambiente ideal para a cultura em questão (PURQUERIO; TIVELLI, 2006). Na década de 1980, com os primeiros cultivos em ambientes protegidos no Brasil verificou-se que após 3 anos de cultivo, muitos produtores não conseguiram manter as produtividades atingidas inicialmente. Após análises foi descoberto que o manejo inadequado estava sendo responsável por essa redução na produtividade (SILVA; SILVA; PAGIUCA, 2014).

A temperatura é um fator crucial que exerce forte influência no desenvolvimento das plantas. Para o manejo adequado da temperatura é necessário leituras diárias da temperatura e umidade do ar. A depender da cultura será necessário uma amplitude de temperatura e umidade específica. Para que a temperatura permaneça constante algumas ferramentas podem ser utilizadas como painéis com isolamento térmico, exaustores, cortinas laterais móveis, telas sintéticas de sombreamento, entre outros. A umidade do ar é controlada pela temperatura em uma relação inversa. Também é considerado algo crucial para o desenvolvimento da cultura uma vez que está ligada ao balanço hídrico das plantas. Caso o ambiente apresente um déficit de umidade pode ocasionar mudança na evapotranspiração alterando a capacidade do sistema radicular absorver água e nutrientes (PURQUERIO; TIVELLI, 2006).

Em adição a todos os efeitos cruciais do manejo agrônômico um outro fator importante para o desenvolvimento das plantas são os recipientes dos quais as mesmas serão acondicionadas. De fato, pequenos vasos permitem uma otimização maior do espaço e consequentemente redução do custo de produção, uma vez que mais plantas podem ser alocadas em pequenas células. Porém essa prática também reduz a propagação das plantas e ainda não é claro o impacto na produção das plantas quando desenvolvidas em pequenos espaços para crescimento das raízes (NESMITH; DUVAL, 1998).

As diferentes espécies de plantas apresentam respostas distintas em relação ao espaço disponível para crescimento. Em sua grande maioria o tamanho do vaso aumenta a área foliar, biomassa do colmo e raízes. O crescimento dos brotos e das raízes são interdependentes. As raízes são dependentes da parte aérea da planta, da qual produz fotossintetizantes e vários hormônios, enquanto que a parte aérea da planta depende da absorção de água, nutrientes, hormônios e sustentação das raízes. Esse delicado e importante balanço entre raiz e parte aérea pode ser comprometido devido a restrição do sistema radicular em pequenos vasos e esse comprometimento pode resultar em impactos negativos de pequeno a longo prazo no crescimento e desenvolvimento das plantas (NESMITH; DUVAL, 1998).

Evidências entre as respostas contraditórias são observadas entre diferentes espécies como por exemplo o período de florescimento tem mostrado redução em plantas de tomates submetidas a restrição do sistema radicular. Nas plantas de algodão essa restrição tem acelerado o florescimento e a colheita (NESMITH; DUVAL, 1998).

2.4 Aspectos fisiológicos da cultura do milho

O milho é uma planta de mecanismo C4, plantas com esse mecanismo apresenta uma alta eficiência na utilização de luz e CO₂, portanto a luz é essencial nos períodos críticos do desenvolvimento. Porém a arquitetura das folhas das plantas de milho provoca um sombreamento nas folhas inferiores e a florescência masculina pode sombrear em até 19% a planta. Uma redução de 30% a 40% da intensidade luminosa, por períodos longos, atrasa a maturação dos grãos ou pode gerar impactos na produção (MAGALHÃES et al., 2002).

Outro fator importante para o desenvolvimento da cultura é a temperatura. Os limites extremos tolerados pela cultura estão compreendidos entre: 10°C e 30°C. Abaixo de 10°C, o crescimento da planta é quase nulo e acima de 30°C o rendimento do grãos decresce e provoca senescência precoce das folhas. Dessa forma a temperatura ideal para cultivo do milho está entre 24 a 30°C, porém verificou-se que a maior produção de biomassa e maior rendimento do grãos foi na temperatura de 21°C (CRUZ et al., 2010).

O sistema radicular das plantas de milho pode atingir até 3 m e o seu crescimento é influenciado pelo suprimento de carboidratos produzidos e translocados pela parte aérea. O valor da relação A/R varia com as condições ambientais e também com a idade das plantas, distúrbios nessa correlação pode ser acarretada por falta de umidade no solo, suprimento de nutrientes ou algum tipo de estresse. O milho possui de 5 a 48 folhas. As folhas localizadas acima da espiga são responsáveis por 50 a 80% da matéria seca acumulada nos grãos. O diâmetro do colmo pode variar de 0,6 a 0,7m dependendo das condições ambientais. O colmo além de suportar as folhas tem a função de órgão de reserva, esse armazenamento se inicia após o crescimento vegetativo e antes do início do enchimento dos grãos. O florescimento ocorre cerca de 50 a 100 dias após o plantio. O tempo para o florescimento é afetado pela temperatura e não pela atividade fotossintética. A produtividade irá depender do número de grãos polinizados e desenvolvidos e da quantidade de fotoassimilados disponíveis. O número de grãos é influenciado por fatores ambientais (CRUZ et al., 2010).

Em condições agrícolas as plantas são submetidas a diferentes tipos e níveis de estresses. Esses estresses são qualquer fator externo que exerce uma influência desvantajosa para a planta. Existe várias maneiras de medição do impacto negativo provocado pelo estresse como: sobrevivência da planta, produtividade, crescimento, acumulação de biomassa ou aos processos primários de assimilação. Em decorrência desse estresse as plantas desenvolvem mecanismos para tolerar essas condições desfavoráveis. Essas respostas implicam mudanças no ciclo e divisão celulares, mudanças nos sistemas de endomembranas e vacuolização, além de alterações na parede celular. Bioquimicamente, as plantas alteram o metabolismo de maneiras distintas in-

cluindo a produção de osmorreguladores, tais como a prolina e glicina betaína (TAIZ; ZEIGER, 2006).

Em adição aos métodos fisiológicos de detecção do estresse, a fenotipagem é uma importante ferramenta para identificar e elucidar as injúrias provocadas nas plantas. Características como, período de florescimento, qualidade do pendão e espiga, abortamento das flores e números de grãos podem ser utilizados como componentes fundamentais nessas avaliações (DURÃES et al., 2004).

3 Material e Métodos

Foram avaliadas plantas de milho (*Zea mays* L.) de seis linhagens utilizadas no programa de melhoramento da empresa Monsanto. O ensaio foi realizado entre os meses de agosto e novembro de 2017, na unidade de pesquisa da empresa Monsanto na zona rural do município de Petrolina-PE. As mudas foram cultivadas em ambiente protegido com a temperatura e umidade controlada através de painéis evaporativos e exaustores. A estufa apresenta como características: cobertura de duplo policarbonato do tipo Gable dividada em 23 módulos de 4,50 m, comprimento total de 103,50 m e 40 m de largura.

Inicialmente as sementes foram semeadas em vasos do tipo ellepot, caracterizado por ser biodegradável, com capacidade de 500 ml e posteriormente transplantadas para vasos de polietileno com capacidade para 9 L. Os ellepots foram distribuídos em bandejas de 12 células com 5 cm de profundidade. As mudas foram cultivadas em substrato contendo 50% de perlita e 50% de esfagno. A irrigação e fertirrigação foram realizadas de acordo com a necessidade dos diferentes estádios de desenvolvimento, conforme regime de irrigação estabelecido em experimentos anteriores e solução nutritiva (Tabelas 1 e 2).

A umidade e temperatura foram monitoradas pelo sistema Argus, o qual foi responsável pelo controle ambiental da estufa acionando os painéis exaustores e cortinas (Figuras 2). Nas fases iniciais do crescimento antes das épocas de transplântio as plântulas foram irrigadas e fertirrigadas através de aspersores, após transplantadas para os vasos de 9L as plantas passaram a receber irrigação e fertirrigação através de gotejadores (Figura 3 e 4).

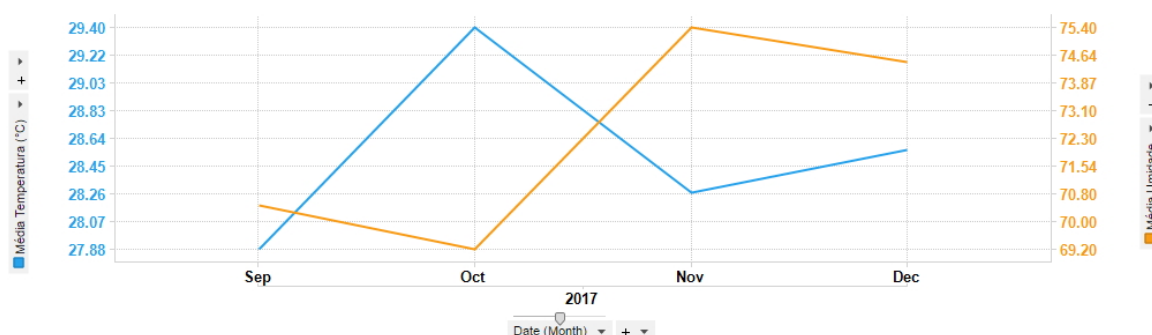


Figura 2 – Médias de temperatura e umidade durante a condução do experimento

Figura 3 – Visão geral das plantas antes do transplântio



Fonte: (AUTOR, 2017)

Figura 4 – Visão geral das plantas transplantadas



Fonte: (AUTOR, 2017)

Tabela 1 – Solução Nutritiva utilizada na fertirrigação

Solução Nutritiva														
		Macro						Micro						
Produto	Concentração	N	P	K	S	Ca	Mg	B	Mo	Zn	Mn	Fe	Cu	Cl
Unidade	g/Litro	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Dripsol	31	18	6	18			1	0,03	0,005	0,1	0,05	0,2	0,05	
KSC Mix	1				11		9	0,5	0,2	1,5	2	2,5	0,5	
Nitrato de Cálcio Ca(NO ₃) ₂	22	15				26								
Ferrilene (Quelato de ferro)	1											6		
Brexil	6				10		1,5	2	0,5	6	5			
KNO ₃ -Nitrato de Potássio	19	13	2	44										
MgSO ₄ - Sulfato de Magnésio	11				11		9							
Quantidade total de cada componente		2045	400	2530	342	1040	268	23	6	69	57	28	4	0
Concentração Total (Gramas/L)		11	2	14	2	6	1	0,13	0,03	0,38	0,32	0,16	0,22	0

Tabela 2 – Regime de irrigação

Regime de Irrigação			
Dias do Ciclo	Frequência Diária	Volume (mL)	Tempo de Irrigação
4 - 15	2	600	10 min
16 - 34	2	600	10 min
35 - 80	2	900	15 min
81	-		Corte da Irrigação

3.1 Montagem e condução do experimento

O substrato foi misturado e umedecido utilizando-se a máquina ellegard da qual também confeccionou utilizando tecido do tipo TNT os ellepots e realizou a alocação dos mesmos dentro das células das bandejas plásticas (Figura 5). As sementes foram semeadas manualmente e os ellepots foram identificadas com etiquetas individualmente. Após a germinação foi realizado o sorteio e separado aleatoriamente os tratamentos e repetições. O experimento foi dividido em 8 diferentes épocas de transplântio controle, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 dias após o plantio. O tratamento controle teve as sementes semeadas diretamente nos vasos de 9L, não sendo realizado dessa forma o transplântio. Dentro de cada tratamento foi avaliado 6 linhagens com 9 repetições. As repetições foram divididas dependendo do tipo de avaliação, sendo 3 repetições para as avaliações destrutivas e 6 repetições para as avaliações não destrutivas.

Figura 5 – Bandeja plástica com 12 células preenchidas com os ellepots



Fonte: (AUTOR, 2017)

3.2 Variáveis Analisadas

As avaliações destrutivas foram: alocação de biomassa total (ABT), alocação de biomassa da parte aérea (ABPA), alocação de biomassa da raiz (ABR), comprimento total da planta (CT) e comprimento da raiz (CR).

Para as variáveis não destrutivas foram avaliados: características fenológicas (data do florescimento feminino (S50) e masculino (P50)), nota do volume de pólen (POLVL) das quais foram empregadas notas de 1 à 3, sendo 1 pendão com alta quantidade de pólen e boa estrutura, 2 mediano e 3 pendão com baixa qualidade. Para qualidade da boneca (EAR) também foi atribuída notas de 1 à 3, sendo 1 boneca com boa produção de estigma, 2 mediano e 3 baixa produção, presença de esqueletonização (TSKCT), abortamento (ABRTTAS) e esterilidade (STRLTAS) do pendão e presença de abortamento de boneca (ABRTCOT), número de plantas quebradas (BRKPLNT), número de plantas que foram polinizadas (POLCT) e o número de plantas que produziram sementes (TEARC). Aos 20 e 45 dias após o plantio foram mensurados os dados biométricos das plantas, altura (ALT) e diâmetro do colmo (DA). As plantas foram autofecundadas e as espigas protegidas até o fim do ciclo. Aos 98 dias após o plantio as espigas foram colhidas individualmente e submetidas para secagem por 5 dias, após esse período as espigas foram debulhadas e contabilizado o número de sementes (Seeds).

Para as avaliações de biomassa, os materiais vegetais foram acondicionados em saco de papel e colocados em estufa de circulação forçada de ar, em temperatura de 65° Celsius até atingir peso constante, período após o qual se determinou a massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSR), além da massa seca total

(MST). Com base nos dados obtidos, foram calculadas a alocação da biomassa para parte aérea (ABPA) e a raiz (ABR) (BENINCASA, 1988).

3.3 Análises Estatísticas

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com esquema fatorial $6 \times 8 + 1$ para as variáveis destrutivas e fatorial 6×8 para as variáveis não destrutivas. Para as avaliações do florescimento foram utilizadas a porcentagem das frequências relativas (obtidas através da razão da frequência absoluta pelo total de observações). Os dados foram submetidos ao teste de igualdade de variâncias Bartlett e posteriormente submetidos à análise de variância, utilizando o software R versão 3.2.5 com o auxílio do pacote ExpDes.pt (LIMA et al., 2014) sendo os efeitos das diferentes idades do transplântio e as linhagens avaliadas por meio dos testes de médias Tukey e Scott-knott a 5% de significância. Para a avaliação de produtividade foram utilizados os dados brutos, devido ao desbalanceamento do número de repetições causados pelo efeito dos tratamentos impossibilitando a aplicação dos testes estatísticos. Os gráficos foram criados usando a ferramenta Spotfire TIBCO versão 7.0.0.

4 Resultados e Discussão

4.1 Avaliações Biométricas

Para as variáveis comprimento total da planta (CT) e comprimento da raiz (CR) em relação as diferentes épocas de transplantio foi observado que o tratamento controle apresentou as maiores médias quando comparado com os demais tratamentos transplantados, sendo essa diferença mais expressiva nos tratamentos com idades de transplantio mais tardios como nas épocas de 40 e 45 DAP. Para o comprimento da raiz os tratamentos controle foram superiores em 38%, 34%, 38%, 46%, 33%, 42% e 56% quando comparado com os tratamentos transplantados 15 DAP, 20 DAP, 25 DAP, 30 DAP, 35 DAP, 40 DAP e 45 DAP) respectivamente. Para a variável comprimento total foi observado uma diferença superior de 34%, 20%, 14%, 22%, 23%, 19% e 24% em relação aos tratamentos controle e as diferentes épocas de transplantio (15 DAP, 20 DAP, 25 DAP, 30 DAP, 35 DAP, 40 DAP e 45 DAP) respectivamente. Em relação ao comportamento das linhagens, todas as 6 linhagens apresentaram as maiores médias no tratamento controle 45 DAP (Figura 6).

Existe um equilíbrio funcional entre o crescimento da parte aérea da planta e das raízes. Esse equilíbrio é atribuído devido ao crescimento compensatório da parte aérea da planta quando existe o fornecimento de água e nutrientes pelo sistema radicular, além dos efeitos de alguns hormônios sintetizados nas raízes e translocados para órgãos complementares (AIKEN; SMUCKER, 1996).

A restrição das raízes pode imitar o efeito de solos com estresse por umidade, mesmo quando existe suficiente umidade para o crescimento da planta. Quando as raízes são submetidas ao confinamento elas competem por elementos essenciais. Aumentando o espaço das raízes ocorre a diminuição do espaço para o oxigênio. O crescimento da parte aérea é o mais impactado pelo tamanho do pote e restrição do sistema radicular. Redução do tamanho da planta e biomassa foi observado para plantas de tomate, melancia, girassol e melão com restrição do sistema radicular (NESMITH; DUVAL, 1998).

Experimentos têm demonstrado que déficits de água nas raízes diminuem consideravelmente o crescimento e a condutância estomática. O mecanismo sinalizador dos déficits de água é a síntese do ABA nas pontas das raízes, o qual é translocado para a região epidérmica das células adjacentes e proteção estomática, funcionando como sinalizador para o fechamento estomático. Dessa forma o ABA atua como sinalizador para a planta sobre a disponibilidade de água (AIKEN; SMUCKER, 1996).

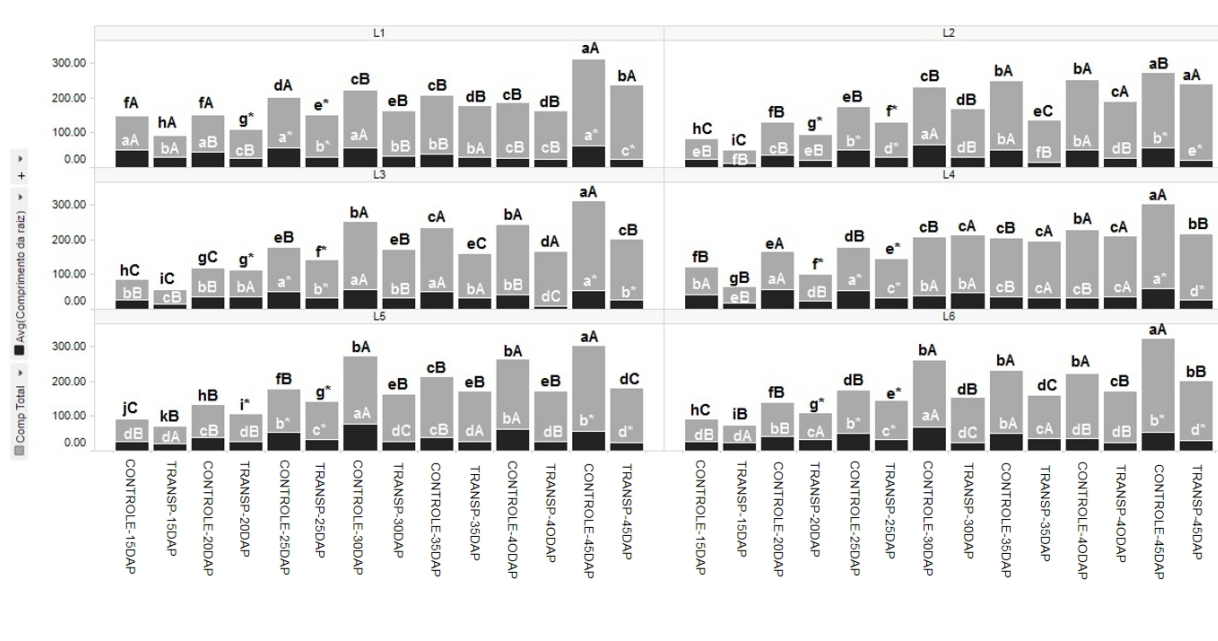


Figura 6 – Colunas cinzas representam as médias do comprimento total da planta (CT) e colunas pretas representam o comprimento da raiz (CR) das seis linhagens de milho cultivados em Petrolina-PE. Letras com coloração branca são as médias estatísticas para o CR e letras pretas indicam médias para o CT. Médias seguidas por mesma letra minúsculas, pertencem ao mesmo grupo para as diferentes épocas de transplântio. Médias seguidas por mesma letra maiúsculas, pertencem ao mesmo grupo para as diferentes linhagens. Ambas analisadas pelo teste de Scott-knott a 5% de probabilidade.

Em adição, segundo Nesmith (1998) a restrição do sistema radicular pode afetar vários mecanismos das plantas, como: acúmulo de biomassa e alocação, fotossíntese, clorofila, relação planta e água, absorção de nutrientes, respiração, florescimento e produtividade. Geralmente em vasos grandes as espécies aumentam a área foliar, biomassa do caule e das raízes sofrendo menos estresse após o transplântio.

Um outro fator que pode influenciar no crescimento do sistema radicular é a temperatura do solo. Uma vez que recipientes pequenos e não tão profundos facilitam a retenção de calor e consequentemente o aumento da temperatura no solo. Experimentos com trigo demonstraram que o comprimento das células das raízes paralisam o crescimento com o aumento da temperatura (KASPAR; BLAND, 1992).

Em contraste com o comprimento total da planta e da raiz, a altura de planta quando avaliada aos 20 dias após o plantio não houve diferença estatística entre as épocas de transplântio.

O tratamento controle para a maioria das linhagens, com exceção da linhagem L6 a qual apresentou média inferior no tratamento controle de 17,66 cm enquanto que os demais tratamentos de 25 DAP, 30 DAP e 45 DAP apresentaram as maiores

médias para essa linhagem sendo elas 33,83, 35,83 e 28,83 cm respectivamente. A altura avaliada aos 20 dias após o plantio quando comparado entre as linhagens foi observado que as linhagens L1 e L4 tiveram as maiores médias (Tabelas 3 e 4).

Tabela 3 – Altura de Planta (20 DAP) Médias seguidas por mesma letra minúsculas, não diferem entre si para as diferentes épocas de transplântio. Médias seguidas por mesma letra maiúsculas, não diferem entre si para as diferentes linhagens. Médias seguidas de * não apresentam diferença estatística para tratamentos e/ou linhagens. Ambas analisadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Épocas de Transplântio	L1	L2	L3	L4	L5	L6
CONTROLE-NDEST	34.83 *A	24.50 bcCD	25.66 *C	33.83 abAB	27.66 bBC	17.66 dD
15DAP	32.16 *A	22.50 cB	22.66 *B	31.00 bA	27.66 bAB	26.33 cAB
20DAP	37.16 *A	29.50 abcBC	23.16 *C	30.16 bB	29.33 abBC	28.16 bcBC
25DAP	33.50 *A	32.00 aAB	26.50 *B	38.83 aA	32.16 abAB	33.83 abA
30DAP	34.16 *AB	30.50 abcABC	26.33 *C	32.50 abABC	27.83 bBC	35.83 aA
35DAP	29.50 *AB	28.33 abcAB	23.50 *B	31.50 abA	30.66 abA	28.16 bcAB
40DAP	31.16 *AB	26.66 abcB	26.33 *B	34.83 abA	28.66 abAB	26.00 cB
45DAP	35.00 *A	30.83 abcAB	24.50 *B	33.83 abA	35.66 aA	28.83 abcAB
TOTAL	267.47	224.82	198.64	266.48	239.62	224.80

Tabela 4 – Altura de Planta (45 DAP) Médias seguidas por mesma letra minúsculas, não diferem entre si para as diferentes épocas de transplântio. Médias seguidas por mesma letra maiúsculas, não diferem entre si para as diferentes linhagens. Médias seguidas de * não apresentam diferença estatística para tratamentos e/ou linhagens. Ambas analisadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Épocas de Transplântio	L1	L2	L3	L4	L5	L6
CONTROLE-NDEST	131.50 abBC	118.00 bC	144.66 abAB	158.33 aA	127.16 aBC	141.33 aAB
15DAP	141.83 aBC	146.66 aBC	153.66 aAB	169.16 aA	133.33 aC	131.83 aC
20DAP	122.00 abC	147.66 aAB	132.66 bcBC	157.00 aA	127.33 aC	132.83 aBC
25DAP	124.50 abB	124.50 bB	126.50 bcB	154.16 aA	123.33 abB	140.50 aAB
30DAP	118.83 bAB	114.33 bAB	112.33 cAB	126.00 bA	104.00 bcB	125.50 abA
35DAP	86.33 cB	85.50 cB	80.16 dB	106.66 bcA	80.00 dB	77.16 dB
40DAP	78.16 cBC	80.50 cBC	68.50 dC	90.66 cAB	73.00 dBC	108.83 bcA
45DAP	90.00 cA	80.33 cAB	68.83 dB	92.66 cA	92.00 cdA	89.50 cdA
TOTAL	893.15	897.48	887.3	1054.63	860.15	947.48

A altura de planta avaliada aos 45 dias após o plantio apresentou uma expressão melhor em relação a diferenciação dos tratamentos. A maioria das linhagens apresentaram as maiores médias para altura nos tratamentos controle, 15 DAP, 20 DAP e 25 DAP não diferenciando estatisticamente entre si. Entretanto a partir do tratamento 30 DAP foi observado que as médias apresentaram um decréscimo sendo esses mais evidenciados nos tratamentos de 35 DAP, 40 DAP e 45 DAP com diferenças de 37%, 39% e 37% em relação ao tratamento controle respectivamente. Quando comparado as médias entre as linhagens, a linhagem L4 apresentou as maiores médias para altura de planta para todos os tratamentos (Figura 7).

A altura da planta é uma característica importante para os programas de melhoramento, tendo em vista que a mesma está relacionada com a densidade de plantas e a tolerância ao acamamento (JI-HUA et al., 2007). A restrição do sistema radicular provoca uma diminuição do crescimento da planta. Porém gramíneas como trigo e milho podem continuar a crescer mesmo sofrendo restrição do sistema radicular. Isso sugere que essas plantas apresentam um forte sistema de crescimento tendo capacidade compensatória para condições adversas. Contudo, a restrição do sistema radicular, em experimentos anteriores, estagnou todo o crescimento da planta especialmente das folhas superiores (XU et al., 2009). Todavia, o mecanismo responsável por essa paralização no crescimento da planta em resposta a restrição do sistema radicular ainda não é conhecido.

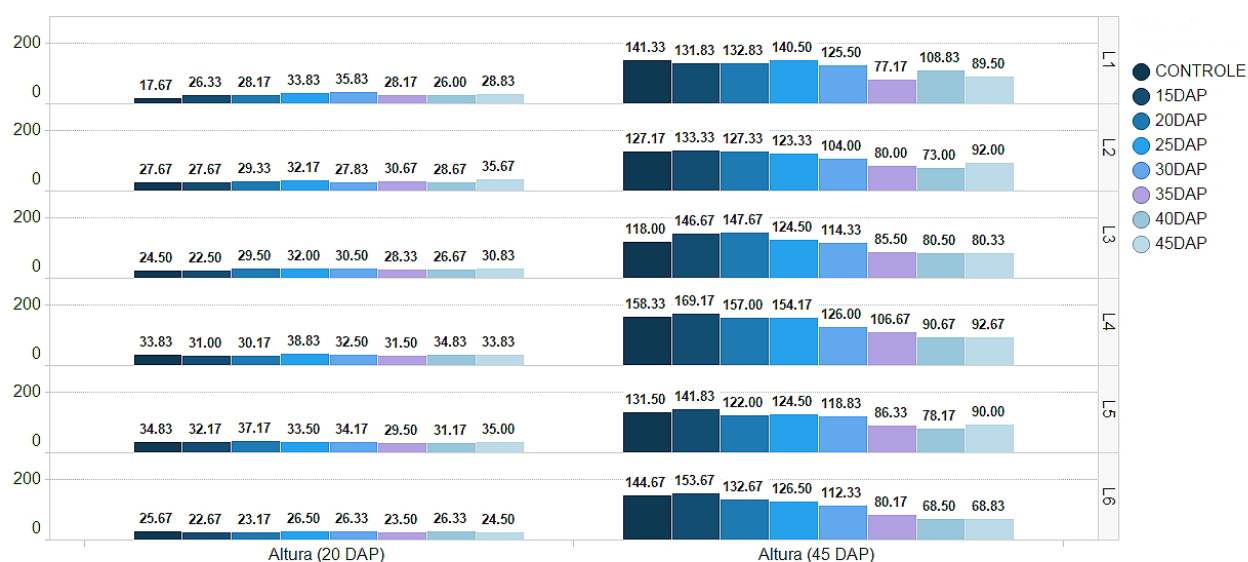


Figura 7 – Médias da altura das plantas em centímetros das seis linhagens de milho cultivadas em Petrolina-PE submetidas as diferentes épocas de transplante.

Comportamento semelhante foi observado para a variável de diâmetro do colmo para as duas épocas de avaliação 20 e 45 dias, das quais também apresentaram as maiores médias para os tratamentos controle, 15 DAP, 20 DAP e 25 DAP não diferenciando estatisticamente entre si. A paralização também se iniciou no tratamento 30 DAP sendo mais expressivo nos tratamentos de 35 DAP, 40 DAP e 45 DAP apresentando diferenças em relação ao tratamento controle.

Para a avaliação de 20 dias após o plantio a diferença dos tratamentos de 35 DAP, 40 DAP e 45 DAP foram de 25%, 24% e 6% respectivamente inferiores em relação ao tratamento controle. Resultados mais expressivos foram encontrados para a avaliação aos 45 dias após o plantio do experimento no qual o tratamento controle foi

superior em 42%, 46% e 48% quando comparado aos tratamentos de 35 DAP, 40 DAP e 45 DAP respectivamente (Figura 8).

Ao contrário da altura da planta, nenhuma linhagem se destacou apresentando as maiores médias para todos os tratamentos em relação as demais linhagens (Tabelas 5 e 6).

A tolerância ao acamamento é uma das características mais importantes para o ganho na produção. Essa importância tem aumentado nos últimos anos decorrente do aumento da densidade de plantas visando um aumento na produtividade. Porém resistência ao acamamento é uma característica difícil para se selecionar, porque essa expressão é condicionada por várias características.

O volume das raízes e o diâmetro do colmo são as principais variáveis responsáveis pela sustentação das plantas, podendo ser utilizadas para avaliação de resistência para essa característica. O diâmetro do caule é uma característica com alta correlação com os efeitos agronômicos, por se tratar de uma característica quantitativa sofre muita influência ambiental, sendo uma variável bastante responsiva para a diferenciação dos efeitos das diferentes idades de transplântio no desenvolvimento das plantas (SANGUINETI et al., 1998) (LING et al., 2007).

Tabela 5 – Diâmetro de Colmo (20 DAP) Médias seguidas por mesma letra minúsculas, não diferem entre si para as diferentes épocas de transplântio. Médias seguidas por mesma letra maiúsculas, não diferem entre si para as diferentes linhagens. Médias seguidas de * não apresentam diferença estatística para tratamentos e/ou linhagens. Ambas analisadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Épocas de Transplântio	L1	L2	L3	L4	L5	L6
CONTROLE-NDEST	13.61 aA	10.07 abcC	10.54 abBC	10.88 aBC	12.01 abAB	10.30 aBC
15DAP	13.01 abA	11.68 aAB	10.84 aBC	10.88 aBC	12.72 aAb	9.22 abC
20DAP	11.01 bcA	10.15 abABC	9.05 abBC	8.80 bC	10.78 abcAB	8.60 abC
25DAP	11.07 bcA	9.01 bcB	9.74 abAB	9.44 abAB	10.13 bcdAB	9.47 abBC
30DAP	10.50 c*	9.70 abc*	8.91 ab*	9.00 ab*	9.21 cd*	9.17 ab*
35DAP	8.42 d*	8.13 c*	8.71 b*	8.46 b*	8.72 d*	7.84 b*
40DAP	9.82 cd*	9.52 bc*	8.77 b*	9.76 ab*	10.15 bcd*	9.69 ab*
45DAP	10.92 cAB	10.71 abAB	9.95 abB	10.13 abB	12.10 abA	9.40 abB
TOTAL	88.36	78.97	76.51	77.35	85.82	73.69

Tabela 6 – Diâmetro de Colmo (45 DAP) Médias seguidas por mesma letra minúsculas, não diferem entre si para as diferentes épocas de transplântio. Médias seguidas por mesma letra maiúsculas, não diferem entre si para as diferentes linhagens. Médias seguidas de * não apresentam diferença estatística para tratamentos e/ou linhagens. Ambas analisadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Épocas de Transplântio	L1	L2	L3	L4	L5	L6
CONTROLE-NDEST	30.84 aA	23.31 abBC	19.35 abD	19.98 bCD	26.55 aB	27.23 aAB
15DAP	26.33 b*	26.26 a*	23.12 a*	24.48 a*	26.82 a*	24.94 a*
20DAP	28.03 abA	26.18 aAB	21.28 abC	22.9 abBC	26.33 aAB	23.74 aBC
25DAP	24.65 b*	24.45 a*	20.72 ab*	23.13 ab*	23.32 ab*	24.24 a*
30DAP	19.29 c*	19.28 bc*	17.20 b*	19.63 b*	20.24 bc*	17.94 b*
35DAP	11.32 dB	15.49 cdA	12.98 cAB	12.88 cAB	16.08 cdA	15.26 bcAB
40DAP	13.83 d*	13.81 d*	11.12 c*	12.77 c*	14.54 d*	12.31 c*
45DAP	12.55 d*	13.30 d*	12.59 c*	12.44 c*	13.56 d*	11.73 c*
TOTAL	166.84	162.08	138.36	148.21	167.44	157.39

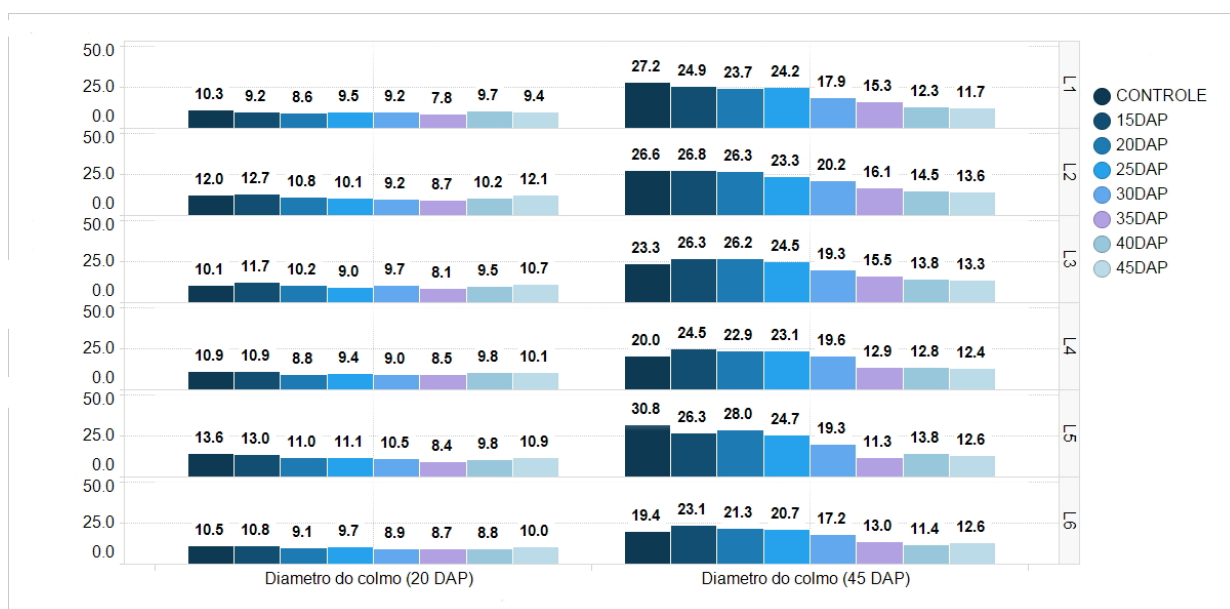


Figura 8 – Médias do diâmetro do colmo em milímetros das seis linhagens de milho cultivadas em Petrolina-PE submetidas as diferentes épocas de transplântio.

4.2 Características relativas à biomassa

Em relação a variável de alocação de biomassa da raiz foi observado que os tratamentos controle apresentaram maiores médias nos períodos de 25 DAP, 30 DAP, 40 DAP e 45 DAP apresentando médias superiores em 2%, 51%, 38% e 44% em relação aos mesmos períodos dos tratamentos transplantados. Entretanto os tratamentos transplantados com 15 DAP, 20 DAP e 35 DAP apresentaram maiores acúmulos de biomassa da raiz quando comparado com os tratamentos controle.

Para a biomassa da parte aérea comportamento inverso a biomassa da raiz foi observado, no qual não houve diferença estatística significativa entre os tratamentos controle e os transplantados para as épocas 15 DAP, 20 DAP e 25 DAP. As diferenças entre os tratamentos foram mais expressivas nos períodos mais tardios, porém de forma geral os tratamentos transplantados apresentaram maiores médias quando comparados com os tratamentos controle. Os tratamentos transplantados de 30 DAP, 40 DAP e 45 DAP tiveram médias de 51%, 38% e 44% superiores aos tratamentos controle, respectivamente.

Da mesma forma que a biomassa da raiz o tratamento de 35 DAP também apresentou comportamento adverso aos demais tratamentos, no qual o tratamento controle apresentou média superior em 8% quando comparado com o tratamento transplantado do mesmo período. Sendo assim nos períodos de 30 DAP, 40 DAP e 45 DAP os tratamentos transplantados tiveram as plantas com maior investimento no crescimento da parte aérea do que do sistema radicular (Figura 9).

Em relação as linhagens comportamento semelhante foi observado para todas as seis linhagens avaliadas quando submetidas as diferentes épocas de transplântio.

Através do processo fotossintético ocorre a captação de energia luminosa durante o crescimento das plantas e a redução do CO₂ atmosférico, esse processo resulta na formação de compostos orgânicos essenciais ao acúmulo de sua biomassa, bem como à formação de novos tecidos. O milho como uma planta C₄ apresenta características fisiológicas que permite uma fácil conversão de CO₂ em compostos orgânicos. Isso ocorre porque o CO₂ é concentrado nas células da bainha vascular das folhas e posteriormente redistribuído para posterior utilização (TAIZ; ZEIGER, 2006).

Segundo Nesmith (1998) redução da biomassa devido a restrição do sistema radicular pode possibilitar uma baixa taxa de polinização. Menor taxa fotossintética foi observado para pimentão, essa diminuição provocou uma menor produção de biomassa tanto para raiz como para a parte aérea.

O acúmulo de biomassa e a distribuição são processos fundamentais para a manutenção das plantas. Em algumas espécies o mecanismo de partição de biomassa para órgãos reprodutivos é uma característica com alta herdabilidade controlada por

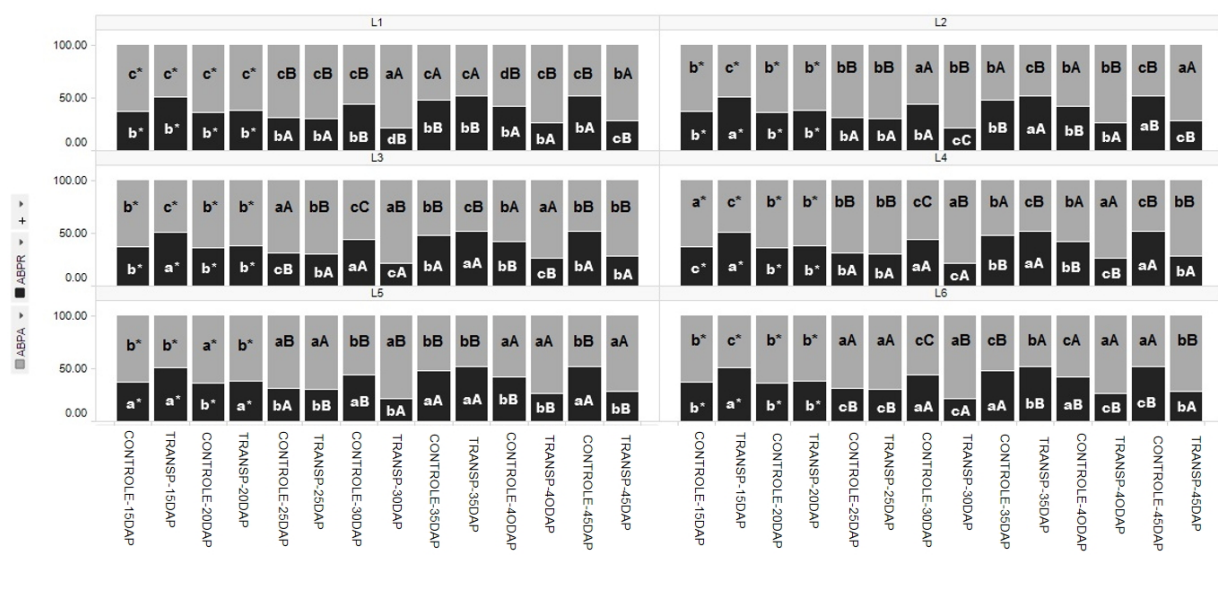


Figura 9 – Médias da alocação de biomassa da parte aérea (ABPA) e da raiz (ABR) em porcentagem das seis linhagens de milho cultivadas em Petrolina-PE submetidas as diferentes épocas de transplântio. Letras com coloração branca são as médias estatísticas para o ABR e letras pretas indicam médias para o ABPA. Médias seguidas por mesma letra minúsculas, pertencem ao mesmo grupo para as diferentes épocas de transplântio. Médias seguidas por mesma letra maiúsculas, pertencem ao mesmo grupo para as diferentes linhagens. Ambas analisadas pelo teste de Scott-knott a 5% de probabilidade.

genes qualitativos. Porém para a grande maioria das plantas esse mecanismo ainda é desconhecido. Estudos com milho demonstram que o efeito da partição de biomassa para órgãos vegetativos e reprodutivos são esperados quando as plantas são submetidas ao aumento de densidade populacional. Estudo visando a avaliação de linhagens de milho doce sob efeito do transplântio e consequentemente restrição do sistema radicular também demonstra que essa restrição das raízes provoca uma distribuição dos fotossimilados para os órgãos reprodutivos (BENEDETTO et al., 2010).

Essa diferença na distribuição dos fotossimilados pode ser explicada pela diminuição da área foliar e altura das plantas transplantadas tardiamente que contribuem para a área fotossintética (PENDLETON; EGLI, 1969). Um outro fator que pode estar relacionado com essa partição de biomassa são as condições do sistema radicular, estudos comprovam que partes de raízes quebradas de milho não conseguem ramificar tão facilmente em comparação com outras culturas como repolho e tomate. Essa incapacidade de regenerar as raízes interfere no crescimento das plantas, gerando plantas atrofiadas e com baixa capacidade reprodutiva (WELBAUM et al., 2001).

O sistema radicular do milho é formado pela raiz primária e as raízes secundárias ou adventícias. As raízes primárias estão presentes no embrião e são as mais importantes para o crescimento precoce e o estabelecimento da planta. Estudos demonstram que quando as raízes de milho são cortadas a partir de 3 semanas de idade as plantas produzem 9% menos de grãos (WELBAUM et al., 2001). Nesse estudo após os 25 dias do plantio as raízes romperam a barreira dos potes biodegradáveis e cresceram nos espaços disponíveis na bandeja, esse crescimento gerou um enovelamento das raízes das plantas que estavam acondicionadas nas mesmas bandejas e no momento do transplantio houve o corte das raízes para possibilitar a separação das plantas.

4.3 Avaliações do Florescimento

Esqueletonização do pendão é fenômeno do qual um percentual das anteras, ou todas as anteras, produzidas pela flor masculina do milho são abortadas. As avaliações do florescimento em geral quando comparadas as diferentes épocas de transplântio demonstram que a esqueletonização do pendão esteve presente na maioria dos tratamentos em proporções similares. Isso sugere que para essa variável outros fatores como luminosidade, disponibilidade de água e nutrientes, temperatura e umidade podem estar influenciando mais que os tempos de transplântio.

Em relação a plantas quebradas, foi observado presença nos tratamentos de 35 DAP, 40 DAP e 45 DAP com as respectivas proporções 11%, 11% e 78%. O quebramento de plantas tem uma forte relação com as variáveis, altura da planta e diâmetro do caule uma vez que elas influenciam na sustentação das plantas.

Para o pendão estéril observamos presença nos tratamentos controle, 20 DAP, 25 DAP, 30 DAP e 35 DAP, sendo o tratamento de 35 DAP com maior incidência 44%. O quebramento de pendão, assim como o quebramento de plantas mostrou maior incidência entre os tratamentos de 30 DAP, 35 DAP e 40 DAP também estando relacionado com as variáveis biométricas.

O abortamento de espiga foi observado nos tratamentos de 30 DAP e 35 DAP com proporções de 67% e 33% respectivamente. A esterilidade da boneca mostrou-se presente nos tratamentos de 15 DAP e 45 DAP com a mesma proporção de 50% das observações.

Em relação a proporção das plantas estarem aptas para ser polinizadas apresentou comportamento similar para todos os tratamentos, porém após a polinização a proporção de produção de sementes foi menor para os tratamentos 35 DAP, 40 DAP e 45 DAP dos quais apresentaram os menores números de plantas que produziram sementes sendo 4%, 9% e 9% respectivamente do total de plantas polinizadas.

Com relação as avaliações do florescimento quando comparadas entre as linhagens foi observado que a L6 apresentou maior incidência de pendões esqueletonizados. O abortamento de boneca foi mais comum entre as linhagens L4, L5 e L6. A maioria das observações sobre quebramento de pendão foi na linhagem L4. O quebramento de plantas teve uma incidência alta entre as linhagens L1, L4 e L6. Para a variável pendão estéril observamos que a L2 apresentou maior incidência, porém também foi observado nas linhagens L4 e L5. A proporção das plantas estarem aptas para polinização foi basicamente igual para todas as linhagens porém para produção de sementes a linhagem L6 apresentou apenas 5% de proporção (Tabelas 7 e 8).

Esses resultados das injúrias provocados no florescimento são respostas do estado fisiológico das plantas, podendo outros fatores como disponibilidade de água,

nutrientes, luminosidade e temperatura influenciar nessa variável resposta.

Tabela 7 – Porcentagem das frequências relativas das avaliações do florescimento por diferentes épocas de transplântio

Épocas de Transplântio	%Fi TSKCT	%Fi BRKPNTL	%Fi STRLTAS	%Fi BRKNTAS	%Fi ABRTCOB	%Fi ABRTTAS	%Fi POLCT	%Fi TEARC
EXP-TRPL-CONTROLE-NDEST	20%	0%	11%	0%	0%	0%	12%	15%
EXP-TRPL-15DAP	17%	0%	0%	0%	0%	50%	13%	17%
EXP-TRPL-20DAP	14%	0%	11%	0%	0%	0%	13%	17%
EXP-TRPL-25DAP	14%	0%	11%	0%	0%	0%	13%	15%
EXP-TRPL-30DAP	0%	0%	22%	20%	67%	0%	14%	12%
EXP-TRPL-35DAP	3%	11%	44%	60%	33%	0%	11%	4%
EXP-TRPL-40DAP	11%	11%	0%	20%	0%	0%	13%	9%
EXP-TRPL-45DAP	20%	78%	0%	0%	0%	50%	9%	9%

Tabela 8 – Porcentagem das frequências relativas das avaliações do florescimento por linhagens

Linhagens	%Fi TSKCT	%Fi ABRTCOB	%Fi BRKNTAS	%Fi ABRTTAS	%Fi BRKPLNT	%Fi STRLTAS	%Fi POLCT	%Fi TEARC
L1	0%	0%	0%	0%	56%	0%	19%	19%
L2	3%	0%	0%	50%	0%	56%	18%	23%
L3	9%	0%	0%	50%	0%	0%	20%	13%
L4	23%	33%	100%	0%	33%	11%	14%	19%
L5	0%	33%	0%	0%	0%	33%	20%	20%
L6	66%	33%	0%	0%	11%	0%	10%	5%

Para a variável qualidade do pendão foi avaliado o volume de pólen e a estrutura do pendão. Sendo aplicado notas de 1 à 3. A nota 1 representa pendão com boa quantidade de pólen e estrutural, nota 2 mediano e nota 3 baixa qualidade. A qualidade do pendão teve maior nota para os tratamentos controle, 15 DAP, 20 DAP. Os tratamentos 25 DAP, 30 DAP, 35 DAP, 40 DAP e 45 DAP tiveram maior incidência de notas para pendões medianos e de baixa qualidade. Em relação as linhagens foram observadas que as linhagens L1 e L3 apresentaram maior incidência de pendões com baixa qualidade com respectivamente 21% e 38% das observações (Tabelas 9 e 10).

Tabela 9 – Porcentagem das frequências relativas para notas de volume do pólen por diferentes épocas de transplântio

Épocas de Transplântio	%Fi POLVL nota 1	%Fi POLVL nota 2	%Fi POLVL nota 3
EXP-TRPL-CONTROLE-NDEST	18%	14%	2%
EXP-TRPL-15DAP	27%	6%	9%
EXP-TRPL-20DAP	18%	12%	9%
EXP-TRPL-25DAP	12%	13%	15%
EXP-TRPL-30DAP	11%	14%	21%
EXP-TRPL-35DAP	8%	16%	9%
EXP-TRPL-40DAP	0%	17%	21%
EXP-TRPL-45DAP	6%	9%	13%

Comportamento semelhante foi observado para qualidade da boneca no qual foi atribuído notas de 1 à 3, sendo 1 boneca com boa qualidade estrutural e quantidade de estigma, nota 2 mediano e nota 3 boneca com baixa qualidade. Os tratamentos controle, 15 DAP, 20 DAP e 25 DAP apresentaram as maiores notas de qualidade de boneca, e os tratamentos 30 DAP, 35 DAP, 40 DAP e 45 DAP as menores notas sendo elas respectivamente 22%, 27%, 18% e 11% das observações (Tabelas 11 e 12).

Tabela 10 – Porcentagem das frequências relativas para notas de volume do polén por diferentes linhagens

Linhagens	%Fi POLVL nota 1	%Fi POLVL nota 2	%Fi POLVL nota 3
L1	24%	15%	21%
L2	9%	28%	9%
L3	9%	17%	38%
L4	38%	5%	2%
L5	17%	22%	19%
L6	3%	15%	11%

Quando comparado as linhagens foi observado que as linhagens L3 e L6 tiveram a maior incidência de notas que representam baixa qualidade da boneca sendo elas 36% e 38% respectivamente. A qualidade da flor feminina e masculina irá influenciar diretamente na produção final sendo um fator crítico para atingir a produtividade desejada.

Tabela 11 – Porcentagem das frequências relativas para notas de qualidade da espiga por diferentes épocas de transplântio

Épocas de Transplântio	%Fi EAR nota 1	%Fi EAR nota 2	%Fi EAR nota 3
EXP-TRPL-CONTROLE-NDEST	15%	0%	7%
EXP-TRPL-15DAP	16%	0%	2%
EXP-TRPL-20DAP	15%	13%	4%
EXP-TRPL-25DAP	14%	25%	9%
EXP-TRPL-30DAP	10%	13%	22%
EXP-TRPL-35DAP	10%	0%	27%
EXP-TRPL-40DAP	12%	0%	18%
EXP-TRPL-45DAP	9%	50%	11%

Tabela 12 – Porcentagem das frequências relativas para notas de qualidade da espiga por diferentes linhagens

Linhagens	%Fi EAR nota 1	%Fi EAR nota 2	%Fi EAR nota 3
L1	17%	0%	13%
L2	18%	63%	7%
L3	13%	25%	36%
L4	18%	13%	4%
L5	21%	0%	2%
L6	13%	0%	38%

Quando avaliado a data de florescimento feminino (S50) e masculino (P50) das linhagens submetidas as diferentes épocas de transplântio, foi observado que para o florescimento masculino que a maioria dos tratamentos apresentaram diferenças em relação ao tratamento controle para todas as linhagens, com exceção da L1 da qual não houve diferença do tratamento controle para o 15 DAP, 20 DAP e 25 DAP, sendo notado apenas diferenças nos tratamentos mais tardios dos quais apresentaram diferença de dois dias em relação ao tratamento controle. Para as linhagens L2, L3, L4, L5 e L6 as diferenças no florescimento masculino foram observadas já no tratamento de 15 DAP, sendo mais expressivo nos tratamentos mais tardios com uma variação de 0,8 dias até 9 dias para os tratamentos de 45 DAP. Demonstrando assim que em

períodos prolongados para efetuar o transplântio as linhagens apresentaram um atraso no florescimento masculino aumento o ciclo desses materiais.

Resultados semelhantes foram observados para o florescimento feminino, no qual a L1 não apresentou diferença entre os tratamentos, porém as demais linhagens L2, L3, L4, L5 e L6 demonstraram uma variação de 1 dia para o tratamento de 15 DAP até 11 dias de atraso para o tratamento mais tardio de 45 DAP em relação ao tratamento controle (Tabela 13). Esse efeito no florescimento pode ter um alto impacto na produção final dos materiais pois pode afetar não somente o ciclo, deixando-o mais tardio, mais também pode influenciar na acurácia de um cruzamento, caso o objetivo do plantio seja realizar o cruzamento entre dois materiais. A não sincronia no florescimento pode impossibilitar a execução do cruzamento entre os materiais e consequentemente não gerará a progênie desejada para as próximas etapas do programa de melhoramento.

Em relação aos efeitos da restrição do sistema radicular no florescimento estudos demonstram resultados distintos para diferentes espécies. Para tomate foi observado que o período de florescimento foi reduzido, porém foi observado um atraso na maturação dos frutos. Em algumas espécies como o algodão, a restrição do sistema radicular pode ser utilizada como ferramenta para aceleração do florescimento e colheita (NESMITH; DUVAL, 1998).

A restrição do sistema radicular limita o acúmulo de biomassa durante os estágios vegetativos influenciando nos processos fisiológicos. Tanto a síntese como a translocação de hormônios como as auxinas e citoquininas são afetados, desencadeando injúrias no desenvolvimento e consequentemente no florescimento das plantas. Os processos fisiológicos e bioquímicos envolvidos nessas respostas ainda não são conhecidos. Experimentos testaram se a diminuição das raízes estaria dificultando a absorção de nutrientes e água pela planta e com isso influenciando no processo de desenvolvimento. Os experimentos visaram a prevenção do estresse por seca ou deficiência de nutrientes (BENEDETTO, 2011).

Os resultados demonstraram que o estresse em pequenos volumes de raízes não era necessariamente responsável pelo crescimento reduzido da planta e que a distribuição de nutrientes não foi afetada. Portanto uma série de respostas fisiológicas e bioquímicas possivelmente estão envolvidas nesse processo em resposta ao estresse mecânico da raiz. Alguns estudos encontraram uma maior taxa de suberização de raízes em plantas submetidas a estresse físico do sistema radicular. Tendo a redução do comprimento da raiz principal como mudança morfológica. O aumento da suberização inibe a formação das raízes e a absorção de água mesmo após o transplântio (BENEDETTO, 2011).

Considerando todos esses fatores que interferem na capacidade final de produção da planta. Podemos observar que os tratamentos controle, 15 DAP, 20 DAP e

25 DAP tiveram os menores números de observações, com isso uma probabilidade maior de sucesso na produção. Tendo em vista que menores injúrias no florescimento irão acarretar maior produção de sementes, através do sucesso na polinização. Em contraste com os tratamentos de 30 DAP, 35 DAP e 45 DAP dos quais acumularam um número maior de observações, diminuindo assim a capacidade de produção e consequentemente a probabilidade de sucesso. O tratamento de 40 DAP teve uma alta redução no número de repetições viáveis para a coleta de dados, devido as injúrias causadas nas plantas pelo transplantio tardio (Figura 10).

Tabela 13 – Diferenças em dias no florescimento feminino e masculino entre seis linhagens plantadas em cultivo protegido quando comparadas as mesmas seis linhagens cultivadas em campo Petrolina-PE.

Épocas de Transplântio	Diferença P50D						Diferença S50D					
	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L1	L2	L3	L4	L5	L6
CONTROLE-NDEST	7	5.3	3.9	4.8	3.7	2.7	8	3.4	5.7	3.3	4.1	3.2
15DAP	7	2.3	6.9	0.8	1.7	2.7	8	3.4	6.7	1.3	4.1	3.2
20DAP	7	1.3	5.9	3.8	2.7	1.7	8	2.4	7.7	2.3	4.1	1.2
25DAP	6	3.3	5.9	1.8	2.7	3.7	7	4.4	6.7	2.3	6.1	3.2
30DAP	8	1.3	5.9	2.8	7.7	5.7	7	3.4	6.7	3.3	8.1	5.2
35DAP	9	9.3	7.9	3.8	8.7	9.7	8	8.4	8.7	4.3	10.1	12.2
40DAP	9	7.3	8.9	-	7.7	7.7	8	8.4	7.7	6.3	11.1	10.2
45DAP	9	8.3	8.9	-	7.7	8.7	8	7.4	8.7	6.3	11.1	9.2

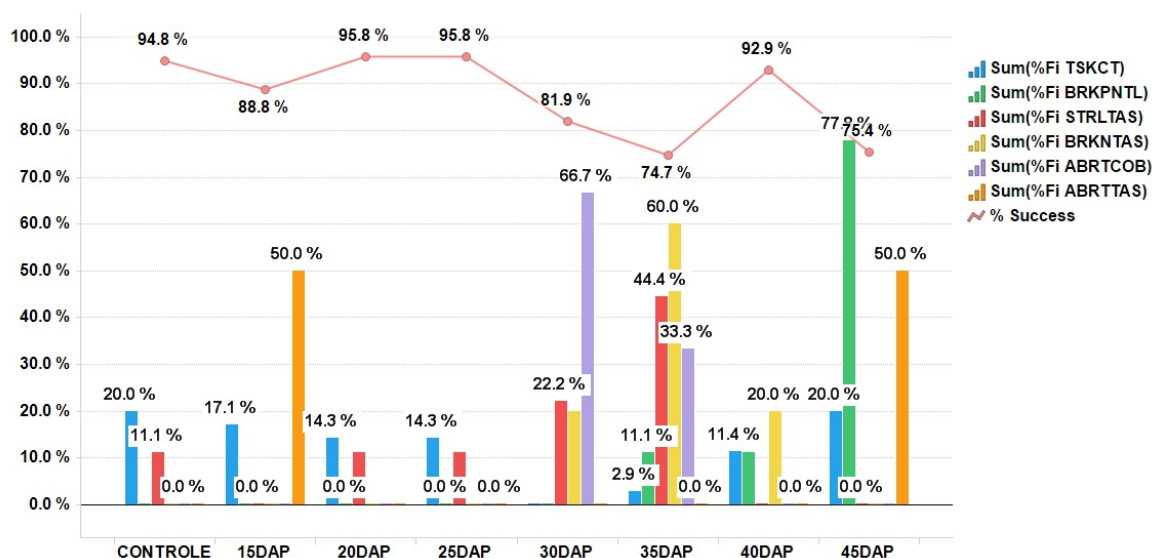


Figura 10 – Média das frequências relativas de seis linhagens de milho cultivadas em Petrolina-PE submetidas a diferentes épocas de transplantio

4.4 Produção de sementes por espigas

A produção final do experimento foi afetada pela perda de várias repetições dos tratamentos mais tardios pelo alto índice de problemas relacionados com a qualidade do florescimento feminino e masculino e estrutura das plantas. Contudo observando a média geral da produção de sementes por espiga produzidas pelos diferentes tratamentos, podemos observar que os tratamentos controle, 15 DAP, 20 DAP e 25 DAP apresentaram as maiores médias de produção de sementes sendo elas de 164, 157, 142 e 135 sementes, respectivamente. Os tratamentos de 30 DAP, 35 DAP, 40 DAP e 45 DAP apresentaram as menores médias de 118, 100, 98 e 87 sementes respectivamente, sendo essas decrescentes a medida que o transplântio foi realizado mais tardiamente (Figura 11).

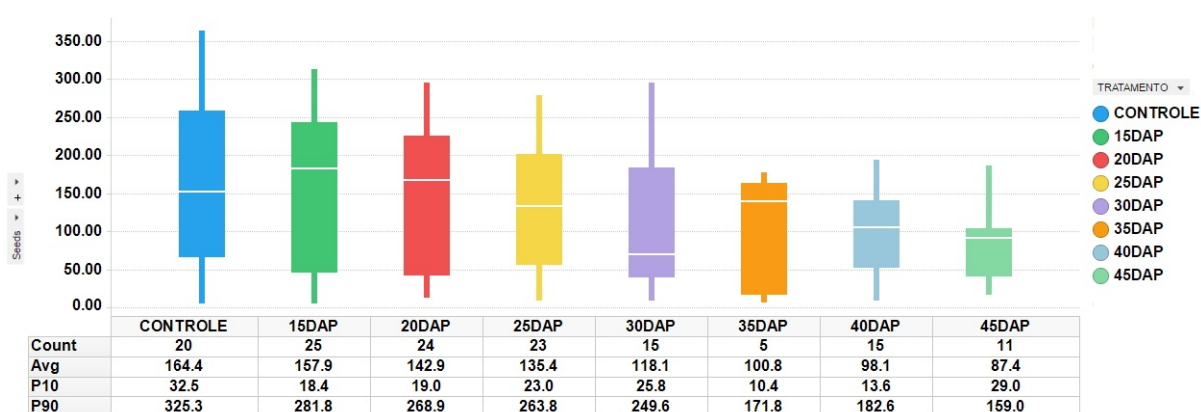


Figura 11 – Média, primeiro e nono percentil da produção de sementes por espiga submetidas as diferentes épocas de transplântio

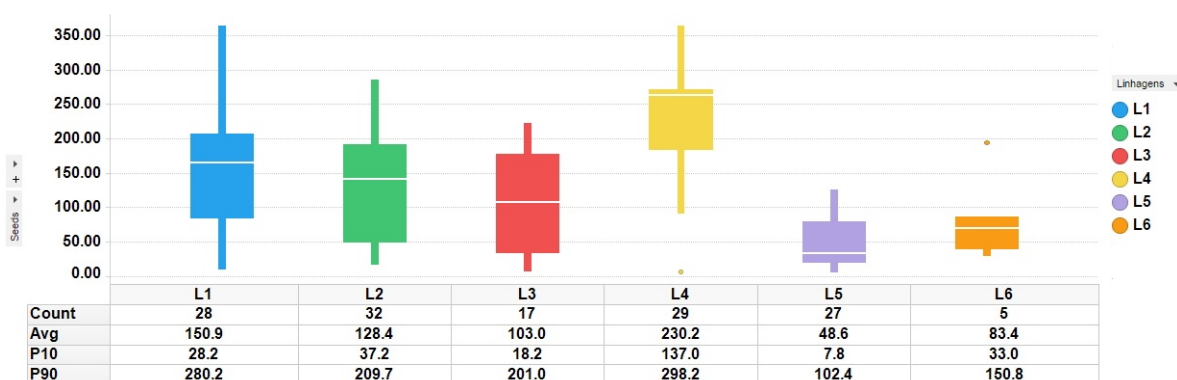


Figura 12 – Média, primeiro e nono percentil da produção de sementes por espiga de seis linhagens de milho cultivadas em Petrolina-PE submetidas as diferentes épocas de transplântio

Em relação a produção de sementes entre as seis linhagens estudadas foi observado que a linhagem L4 apresentou uma média maior para produção de sementes

230 sementes sendo superior a todas as outras linhagens. As linhagens L1,L2 e L3 apresentaram médias similares de 150, 128 e 103 sementes por espiga. As linhagens L5 e L6 apresentaram as menores médias de 48 e 83 sementes por espiga demonstrando que elas podem ser mais sensíveis a condução em ambiente protegido e ao acondicionamento nos pequenos vasos (Figura 12).

A produtividade das plantas de milho é dependente da plasticidade das respostas aos estresses submetidos. Essas respostas irão depender particularmente do tempo de exposição ao estresse e pela interação dos diferentes estresses envolvidos. Na presente pesquisa não somente o estresse ocasionado pela restrição do sistema radicular influenciou nos resultados de produtividade, mais também estresse como o procedimento do transplântio, além de outros fatores podem ter contribuído para obtenção desses resultados.

O ganho na produtividade está relacionado com a interceptação da luz, para o uso mais eficiente da radiação e partição dos fotoassimilados. A interceptação da radiação desde da emergência das plântulas até a colheita depende da área fotossinteticamente ativa (KWABIAH, 2004). Experimentos confirmam que as raízes mandam sinais para a planta, incluindo ABA, fluxo de nitrogênio e citoquininas, esses sinais modificam todo o processo de crescimento da planta incluindo a expansão foliar, comportamento estomático, e biosíntese das enzimas fotossintéticas. Esses sinais podem ser respostas do estresse hídrico, nutricional ou mecânico do sistema radicular.

5 Conclusão

O cultivo protegido pode ser empregado para aceleração de novas tecnologias para a cultura do milho, porém a seleção precoce dos indivíduos elites dentro de uma determinada população precisa ser realizada nos estádios iniciais da cultura, tendo em vista que longos períodos das mudas acondicionadas em pequenos vasos de 500 mL provoca estresse do sistema radicular.

A interação dos estresses provocados pela restrição do sistema radicular, assim como da metodologia do transplântio provocaram injúrias irreversíveis no desenvolvimento e produção das plantas. Principalmente nos períodos mais tardios de 30 DAP, 35 DAP, 40 DAP e 45 DAP. Apesar de ter sido observado também uma paralização do crescimento no tratamento de 25 DAP.

Dessa forma, métodos de seleção precoce devem ser aplicados na faixa ideal de transplântio entre 0 e 20 DAP, quando o objetivo é selecionar indivíduos e obter o máximo potencial produtivo em ambiente protegido. Técnicas de manejo agrônômico, assim como metodologia apropriada para o transplântio, também devem ser devidamente empregadas afim de se obter máxima produção.

Referências

- ACQUAAH, G. *Principles of Plant Genetics and Breeding*. Uk copyright. 350 Main Street, Malden, USA: Blackwell Publishing, 2007. v. 1. Citado 3 vezes nas páginas 13, 18 e 19.
- AGENCIA. 2017. <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01_8_168200511157.html>. Acessado em 18/11/2017. Citado na página 16.
- AIKEN, R.; SMUCKER, A. Root system regulation of whole plant growth. *Annual review of phytopathology*, Annual Reviews 4139 El Camino Way, PO Box 10139, Palo Alto, CA 94303-0139, USA, v. 34, n. 1, p. 325–346, 1996. Citado na página 31.
- BELHAJ, K. et al. Editing plant genomes with crispr/cas9. *Current opinion in biotechnology*, Elsevier, v. 32, p. 76–84, 2015. Citado na página 13.
- BENEDETTO, A. D. Root restriction and post-transplant effects for bedding pot plants. 2011. Citado na página 43.
- BENEDETTO, A. d. et al. The effect of transplant in sweet maize (zea mays l.) ii. container root restriction. *International Journal of Agricultural Research*, Academic Journals, v. 5, n. 11, p. 1030–1038, 2010. Citado 2 vezes nas páginas 14 e 38.
- BENINCASA, M. *Análise de crescimento de plantas: noções básicas*. [S.l.]: Funep, 1988. Citado na página 30.
- BOREM, A. *Melhoramento de espécies cultivadas*. Aluizio borém. UFV,MG,Brasil: Editora UFV, 2005. v. 2. (22, v. 2). Citado na página 15.
- BOREM, A. *Hibridação Artificial de Plantas*. Aluizio borém. UFV,MG,Brasil: Editora UFV, 2009. v. 2. Citado na página 15.
- CIB. 2017. <<http://cib.org.br/estudos-e-artigos/perspectivas-para-a-cultura-do-milho-no-brasil/>>. Acessado em 19/11/2017. Citado 2 vezes nas páginas 13 e 16.
- CONAB. 2017. <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_09_12_10_14_36_boletim_graos_setembro_2017.pdf>. Acessado em 18/11/2017. Citado 2 vezes nas páginas 13 e 16.
- CRUZ, J. C. C. et al. *Cultivo do milho*. [S.l.]: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. Citado na página 24.
- DURÃES, F. O. et al. *Fenotipagem associada a tolerância a seca em milho para uso em melhoramento, estudos genômicos e seleção assistida por marcadores*. [S.l.]: Embrapa Milho e Sorgo, 2004. Citado na página 25.
- EATHINGTON, S. R. et al. Molecular markers in a commercial breeding program. *Crop Science*, Crop Science Society of America, v. 47, n. Supplement_3, p. S–154, 2007. Citado 2 vezes nas páginas 19 e 20.

EBC. 2017. <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2017-08/pib-agropecuaria-tera-crescimento-de-109-este-ano-preve-ipea>>. Acessado em 18/11/2017. Citado na página 16.

JI-HUA, T. et al. Genetic dissection of plant height by molecular markers using a population of recombinant inbred lines in maize. *Euphytica*, Springer, v. 155, n. 1-2, p. 117–124, 2007. Citado na página 34.

KASPAR, T.; BLAND, W. L. Soil temperature and root growth. *Soil Science*, WILLIAMS & WILKINS 351 WEST CAMDEN ST, BALTIMORE, MD 21201-2436, v. 154, n. 4, p. 290–299, 1992. Citado na página 32.

KWABIAH, A. Growth and yield of sweet corn (zea mays l.) cultivars in response to planting date and plastic mulch in a short-season environment. *Scientia Horticulturae*, Elsevier, v. 102, n. 2, p. 147–166, 2004. Citado na página 46.

LIMA, M. P. S. et al. Implementação de testes para homocedasticidade no pacote expdes (pp. 137-150). *Revista da Estatística da Universidade Federal de Ouro Preto*, v. 3, n. 2, 2014. Citado na página 30.

LING, G. et al. Effects of population density on stalk lodging resistant mechanism and agronomic characteristics of maize. 2007. Citado na página 35.

MAGALHÃES, P. C. et al. Fisiologia do milho. *CEP*, v. 35701, p. 970, 2002. Citado na página 24.

NESMITH, D. S.; DUVAL, J. R. The effect of container size. *HortTechnology*, American Society for Horticultural Science, v. 8, n. 4, p. 495–498, 1998. Citado 3 vezes nas páginas 23, 31 e 43.

PARRELLA, M. Biological control in protected culture: Will it continue to expand? *Phytoparasitica*, Springer, v. 36, n. 1, p. 3–6, 2008. Citado na página 22.

PENDLETON, J.; EGLI, D. Potential yield of corn as affected by planting date. *Agronomy Journal*, American Society of Agronomy, v. 61, n. 1, p. 70–71, 1969. Citado na página 38.

PURQUERIO, L. F. V.; TIVELLI, S. Manejo do ambiente em cultivo protegido. *Instituto Agrônomo de Campinas IAC, Centro de Horticultura. Campinas, SP*, 2006. Citado 3 vezes nas páginas 13, 14 e 22.

RAY, D. K. et al. Yield trends are insufficient to double global crop production by 2050. *PloS one*, Public Library of Science, v. 8, n. 6, p. e66428, 2013. Citado na página 17.

SANGUINETI, M. et al. Root and shoot traits of maize inbred lines grown in the field and in hydroponic culture and their relationships with root lodging. *Maydica*, ISTITUTO SPERIMENTALE PER LA CEREALICOLTURA, v. 43, p. 211–216, 1998. Citado na página 35.

SEEDWORLD. 2017. <<http://seedworld.com/smallholder-farmers-gain-targeted-crispr-cas9-crop-breeding/>>. Acessado em 20/11/2017. Citado na página 19.

SILVA, B.; SILVA, A. d.; PAGIUCA, L. Cultivo protegido: Em busca de mais eficiência produtiva. *Revista Técnica Hortifruti Brasil*, p. 10–18, 2014. Citado na página 22.

SOUZA, P. d.; BRAGA, M. Aspectos econômicos da produção e comercialização do milho no Brasil. *Tecnologia de produção de milho*. Viçosa: UFV, p. 13–53, 2004. Citado na página 15.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. [S.l.]: Universitat Jaume I, 2006. v. 10. Citado 2 vezes nas páginas 25 e 37.

WATSON, A. et al. Speed breeding is a powerful tool to accelerate crop research and breeding. *Nature plants*, Nature Publishing Group, p. 1, 2018. Citado 2 vezes nas páginas 14 e 20.

WELBAUM, G. E. et al. A comparison of the growth, establishment, and maturity of direct-seeded and transplanted sh2 sweet corn. *HortScience*, American Society for Horticultural Science, v. 36, n. 4, p. 687–690, 2001. Citado 2 vezes nas páginas 38 e 39.

XU, L. et al. Growth, nitrogen uptake and flow in maize plants affected by root growth restriction. *Journal of integrative plant biology*, Wiley Online Library, v. 51, n. 7, p. 689–697, 2009. Citado na página 34.

ZHANG, H. et al. The crispr/cas9 system produces specific and homozygous targeted gene editing in rice in one generation. *Plant biotechnology journal*, Wiley Online Library, v. 12, n. 6, p. 797–807, 2014. Citado na página 20.