

CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA RADICULAR DE GENÓTIPOS DE *ZEAMAYS* L.

Data de aceite: 01/09/2023

Daniel Lopes Costa

Universidade Estadual da Região
Tocantina do Maranhão
Imperatriz – Maranhão
<https://orcid.org/0000-0002-2406-5576>

Jociel Nascimento de Noronha

Universidade Estadual do Norte
Fluminense Darcy Ribeiro
Campos dos Goytacazes – Rio de Janeiro
<https://orcid.org/0000-0002-1875-9432>

David Januário de Sousa

Universidade Estadual da Região
Tocantina do Maranhão
Imperatriz – Maranhão
<https://orcid.org/0009-0005-9500-3603>

Ivaneide de Oliveira Nascimento

Universidade Estadual da Região
Tocantina do Maranhão
Imperatriz – Maranhão
<https://orcid.org/0000-0001-7095-7092>

Niara Moura Porto

Universidade Estadual da Região
Tocantina do Maranhão
Imperatriz – Maranhão
<https://orcid.org/0000-0003-3704-7294>

RESUMO: Dentre as principais culturas produzidas pela agricultura brasileira, destaca-se o milho (*Zea mays* L.). O milho é um dos cereais mais consumidos no mundo, sendo importante para suprir as necessidades nutricionais humanas e animais. Esse vegetal pertence à família Poaceae e seu desenvolvimento depende de fatores como temperatura, água e luminosidade para expressar seu máximo potencial genético. O trabalho teve como objetivo realizar a caracterização anatômica radicular de variedades de milho, fornecendo subsídios para a escolha das cultivares de milho mais adaptadas à região. O experimento foi conduzido na cidade de Imperatriz, nas estações do Centro de Difusão Tecnológica, foram utilizadas quatro cultivares de milho, sendo elas: Anhemi, M 274, AG 1051 e BR 106. O plantio foi realizado em vasos dispostos em casa de vegetação. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizados em esquema factorial 2 x 4 constituído de cinco repetições. As secções transversais foram realizadas à mão livre, com auxílio de lâmina cortante, posteriormente foram clarificadas com hipoclorito de sódio, neutralizado com ácido acético a 0,2%, lavadas com água destilada e coradas com uma solução de

Azul de Astra e Safranina. Para a observação da endoderme, os cortes transversais passaram pelo mesmo processo, entretanto, foram corados com Sudan III. A redução do córtex nas cultivares que foram estressadas mostraram a maior sensibilidade desse tecido anatômico em ambientes com déficit hídrico. O genótipo M274 apresentou modificações pertinentes nos caracteres morfoanatômicos analisados, mostrando sua eficiência, a qual favorece sua sobrevivência em ambientes com deficiência hídrica.

PALAVRAS-CHAVE: Milho; Anatomia Vegetal; Raiz.

ANATOMICAL ROOT CHARACTERIZATION OF *ZEA MAYS* L. GENOTYPES

ABSTRACT: Among the main crops produced by Brazilian agriculture, maize (*Zea mays* L.) stands out. The maize is one of the most consumed cereals in the world, playing a crucial role in meeting human and animal nutritional needs. This plant belongs to the Poaceae family, and its development depends on factors such as temperature, water and light to express its maximum genetic potential. The objective of this study was to perform the root anatomical characterization of maize varieties, providing subsidies for the selection of maize cultivars best adapted to the region. The experiment was conducted in the city of Imperatriz, at the stations of the Technological Diffusion Center, four maize cultivars were used: Anhembi, M 274, AG 1051 and BR 106. Planting was carried out in pots arranged in a greenhouse. The experimental design used was completely randomized in a 2 x 4 factorial scheme, with five replicates. Cross-sections were performed freehand, with the aid of a cutting blade, then clarified with sodium hypochlorite, neutralized with 0.2% acetic acid, washed with distilled water and stained with a solution of Astra Blue and Safranin. For the observation of the endoderm, the cross-sections underwent the same process, however, they were stained with Sudan III. The reduction of cortex in cultivars that were stressed showed the greater sensitivity of this anatomical tissue in environments with water deficit. The genotype M274 showed relevant modifications in the morphoanatomical characters analyzed, showing its efficiency which favors its survival in water-deficient environments.

KEYWORDS: Maize; Plant Anatomy; Root.

1 | INTRODUÇÃO

A maior parte da produção agrícola do Brasil é originária da agricultura cultura familiar e, entre as principais culturas produzidas pela agricultura familiar brasileira, destaca-se o milho (*Zea mays* L.), esse cereal é voltado para suprir as necessidades nutricionais humanas e animais (Carneiro, 2017). De acordo com dados da CONAB (2018) a estimativa do consumo mundial é de 487,9 milhões de toneladas de grãos, representando um crescimento de 6,4 milhões de toneladas e um aumento de 1,33%.

A espécie *Z. mays* é uma planta pertencente à família Poaceae, com origem nas américas, a qual o cultivo é realizado há pelo menos cinco mil anos. É um dos cereais mais consumidos do mundo, pois tem grande valor nutritivo e potencial de produção (Oliveira Júnior *et al.*, 2011). O milho é uma gramínea anual, pertencente ao grupo de plantas de mecanismo fotossintético tipo C4 com ampla adaptação a diferentes condições de

ambiente, apesar do seu elevado potencial produtivo, sua enorme distribuição geográfica e sua vasta capacidade adaptativa, o milho apresenta grande sensibilidade a estresses abióticos (Clemente, 2017).

O período de desenvolvimento do milho é limitado por fatores como temperatura, água e luminosidade, por esse motivo essa cultura necessita que os índices dos fatores climáticos, especialmente a temperatura, o fotoperíodo e precipitação pluviométrica, atinjam níveis adequados para que a sua capacidade genética se expresse ao máximo (Cruz *et al.*, 2016). O estresse causado pela baixa disponibilidade hídrica é o principal fator abiótico relacionado a perdas no desempenho produtivo de cultivos de milho. Essa baixa produtividade anual ocorre devido à seca e provocam uma queda de aproximadamente 15% do potencial de rendimento. Os maiores prejuízos ocorrem em países tropicais que dependem de uma temporada de chuvas relativamente imprevisível para o crescimento da cultura (Abreu, 2013).

O milho é cultivado em regiões cuja precipitação varia de 300 a 5.000 mm anuais, sendo que a quantidade de água consumida por uma planta de milho durante o seu ciclo está em torno de 600 mm (Magalhães *et al.*, 2002). Apesar do elevado potencial produtivo, o milho apresenta acentuada sensibilidade a estresse de natureza abiótica, que aliada à sua baixa plasticidade foliar, acentuada interação ambiental, reduzida prolificidade e baixa capacidade de compensação efetiva, o seu cultivo necessita ser rigorosamente planejado e criteriosamente manejado, objetivando a obtenção de produtividades satisfatórias e lucrativas (Baldo, 2007).

A anatomia vegetal também tem forte influência nos estudos de como as plantas se comportam quando são submetidas a estresses bióticos e abióticos, principalmente ao déficit hídrico e a salinidade do solo, que são problemas constantes na produção agrícola do Brasil. Dessa forma, a anatomia vegetal contribui no desenvolvimento de plantas mais adaptadas às condições adversas de campo, possibilitando a compreensão de como as plantas se comportam estruturalmente e fisiologicamente quando são afetadas por fatores bióticos ou abióticos, abrindo uma gama de possibilidades para o melhoramento genético de plantas.

2 | METODOLOGIA

O experimento foi conduzido na cidade de Imperatriz, no estado do Maranhão, nas estações experimentais do Centro de Difusão Tecnológica (CDT). A classificação climática segundo Alvares (2013), caracteriza as regiões como tipo B1wA'a', úmido com moderada deficiência hídrica.

No experimento foram utilizadas quatro cultivares de milho, sendo elas: Anhemi, M 274, AG 1051 e BR 106. Os materiais usados nos ensaios de introdução e avaliação foram adquiridos no comércio local. O plantio foi realizado manualmente, em vasos dispostos em casa de vegetação. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizados em esquema fatorial 2 x 4 constituídos de cinco repetições (Quadro 1).

Tratamento	Descrição
T1	Genótipo Anhembi - com irrigação a 40% e 100% da ETc.
T2	Genótipo M274 - com irrigação a 40% e 100% da ETc.
T3	Genótipo Ag 1051 - com irrigação a 40% e 100% da ETc.
T4	Genótipo BR 106 com irrigação a 40% e 100% da ETc.

Quadro 1. Descrição dos tratamentos utilizados para a cultura de milho.

Fonte: Autores (2023).

O espaçamento entre os vasos foi de 0,60 m de comprimento com 0,40m entre plantas; e os tratos culturais foram realizados seguindo as recomendações para a cultura (Figura 1 A-B). Foram realizadas inspeções periódicas ao campo experimental com a finalidade de observar o surgimento de sintomas de doenças ou manifestações morfológicas provocadas por estresse hídrico.

Após experimento em campo, as amostras foram coletadas e conduzidas ao laboratório de microscopia da UEMASUL. Parte das amostras coletadas dos órgãos vegetativos (caule, folha e raiz) foram fixadas em FAA₅₀ (formalina 10%, ácido acético 5% e etanol 5%) e conservadas em álcool a 70°GL para análises anatômicas. Salienta-se que para este estudo foram utilizadas apenas amostras radiculares.



Figura 1. A-B: Experimento em casa de vegetação em diferentes estádios vegetativos.

Fonte: Noronha (2021).

Para os cortes anatômicos em raiz, foram executadas secções transversais à mão livre com auxílio de lâminas cortantes comerciais. As secções foram clarificadas com hipoclorito de sódio a 20%, neutralizadas com ácido acético a 0,2%, lavadas com água destilada, coradas com uma solução de Azul de Astra e Safranina (Kraus; Arduin, 1997) e montadas em lâminas com glicerina 50%. Para a observação da endoderme, as secções transversais foram clarificadas com hipoclorito de sódio a 20%, neutralizadas com ácido acético a 0,2%, lavadas com água destilada e coradas com Sudan III, e posteriormente montadas em lâminas com glicerina 50% (Figura 2).

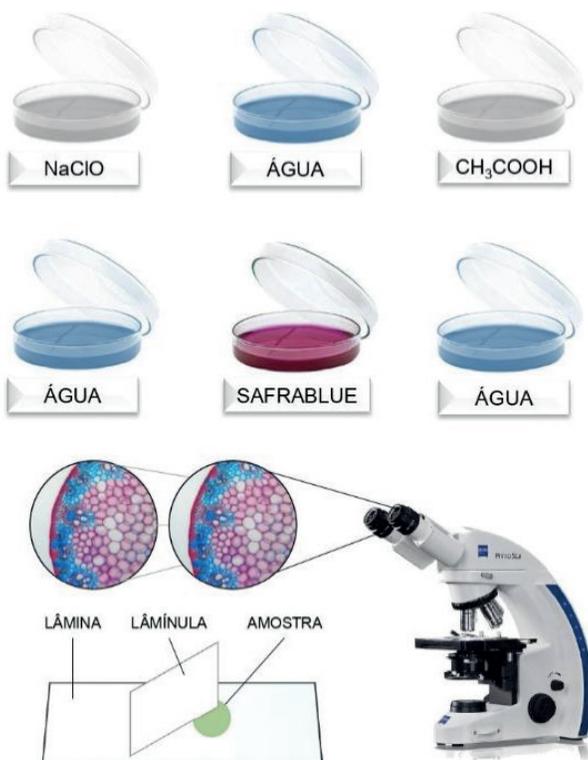


Figura 2. Processo de corte e coloração das amostras radiculares de *Zea mays* L.

Fonte: Noronha (2023).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

De forma geral as raízes, em seção transversal, das cultivares de milho Anhemi, M274, Ag1051 e BR106 apresentaram formato circular, sendo característico da cultura (Figura 3A-H). Em todos os tratamentos a epiderme mostrou-se uniestratificada, apresentando paredes celulares e cutículas espessas possuindo um formato quadrado

pentagonal ou hexagonal. Entretanto, a cultivar M271 quando submetida a 40% da ETc, apresentou epiderme mais espessa de formato arredondado e com espessamento em “O” (Figura 5A-D).

Foram observados pêlos radiculares absorventes (Figura 5A-D) com variações de tamanho em todos os genótipos, entretanto, nas cultivares Anhembi (Figura 3A-H) e BR 106 (Figura 3A-H) com 100% e 40% da ETc, observou-se pêlos curtos. Além disso, foi observado pêlos radiculares longos, com ramificação bifurcada em M274 (Figura 3A-H) e em AG 1051 (Figura 3A-H) os pêlos são escassos na raiz.

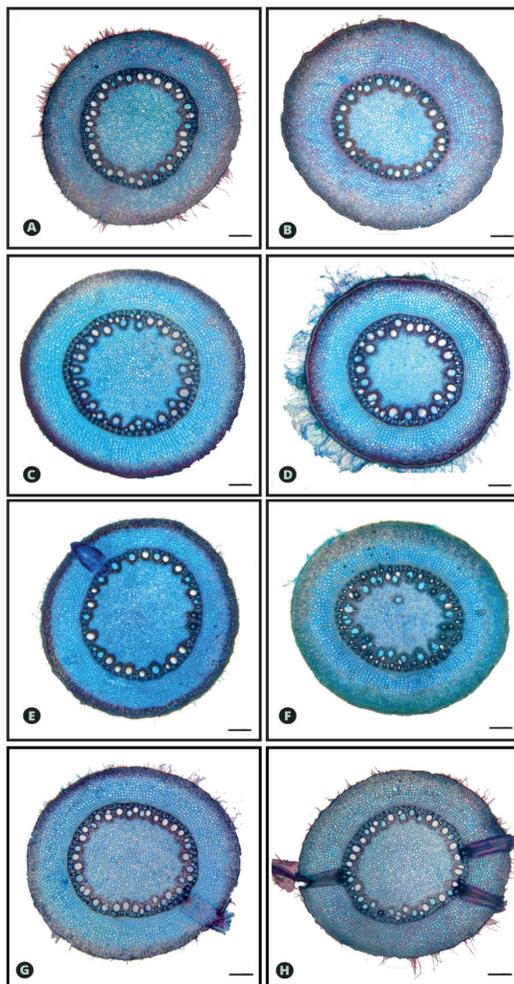


Figura 3. **A-H:** Cortes transversais de *Zea mays* mostrando as estruturas presentes na raiz. **A:** Cultivar Anhembi com 40% da ETc. **B:** Cultivar Anhembi com 100% da ETc. **C:** Cultivar M274 com 40% da ETc. **D:** Cultivar M274 com 100% da ETc. **E:** Cultivar Ag 1051 com 40% da ETc. **F:** Cultivar Ag 1051 com 100% da ETc. **G:** Cultivar BR 106 com 40% da ETc. **H:** Cultivar BR 106 com 100% da ETc. Barra: 150 μ m.

Fonte: Autor (2022).

O córtex das cultivares estudadas fica localizado entre a epiderme e o cilindro vascular, é uma região formada por células parenquimáticas com paredes delgadas e vários espaços intercelulares (Figura 4A-D). Em todos os tratamentos foi observado o córtex dividido em três partes: exoderme (região periférica do córtex); parênquima cortical (região mediana do córtex) e endoderme (região interna do córtex) (Figura 4A-D).

A exoderme uniestratificada fica localizada logo abaixo da epiderme, possui células de formato redondo, pentagonal e hexagonal em todos os tratamentos (Figura 4A-D). Esta camada possui espessamento em “O” para todos os genótipos, contudo, na cultivar Anhembi visualiza-se células mais desorganizadas.

O parênquima cortical compreende uma grande parte da raiz (Figura 4A-D). Em relação ao número de camadas, houve uma diferenciação considerável entre os genótipos, no qual o genótipo Anhembi apresentou até 16 camadas, em M274 foi visualizado cerca de 11-12 camadas e os genótipos AG 1051 e BR 106 apresentaram 9-10 camadas.

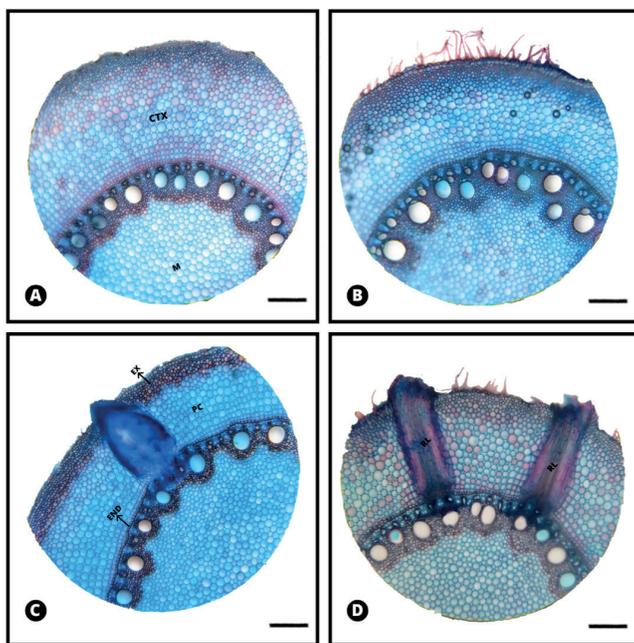


Figura 4. **A-D**: Cortes transversais de *Zea mays*. Observação em microscópio em óptico 10x. **A**: Cultivar Anhembi com 100% da ETC. **B**: Cultivar M274 com 40% da ETC. **C**: Cultivar AG 1051 com 40% da ETC. **D**: Cultivar BR 1051 com 100% da ETC. Legenda: CTX= Córtex; END= Endoderme; EX= Exoderme; M= Medula; PC= Parênquima Cortical; RL= Raízes Laterais. Barra: 200 μ m.

Fonte: Autores (2022).

A endoderme dos genótipos estudados consiste em uma camada de células comumente quadradas e que possuem um espessamento de suberina denominado estrias de Caspary em formato de “U”, não havendo alteração quando irrigado com 100% e 40%

da ETc (Figura 5A-D).

O cilindro vascular é bem desenvolvido em todos os tratamentos submetidos a 100% e 40% da ETc, sendo encontrado no formato circular em todas as cultivares estudadas. Os cilindros de maiores tamanhos foram encontrados em BR 106 e AG 1051, esta última possui uma região cortical menor devido ao grande cilindro vascular (Figura 6A-D). Em Anhembi e M274 observou-se um cilindro vascular menor e maior área cortical.

Nesse estudo observou-se um periciclo mais largo nas raízes dos tratamentos submetidos a 100% da ETc comparado aos das raízes com 40% da ETc. As raízes laterais (Figura 5A-D) são formadas próximas do meristema apical da raiz, possui epiderme uniestratificada e células corticais foram observadas em apenas dois genótipos dos quatro estudados. Observou-se raízes laterais com maior espessura em AG 1051 com 100% da ETc e em BR 106 com 100% da ETc com três raízes laterais menos espessas (Figura 3A-H), enquanto em M274 e Anhembi elas estão ausentes.

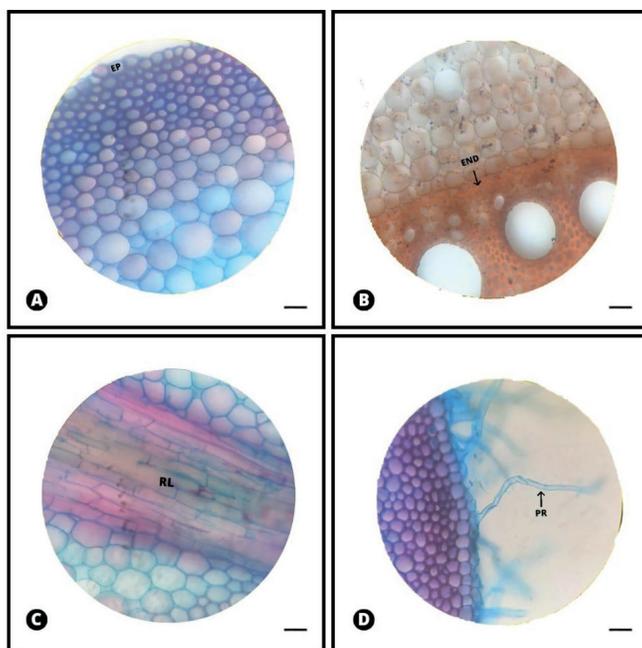


Figura 5. **A-D**: Cortes transversais de *Zea mays* com observação em microscópio óptico. **A**: Epiderme com espessamento em “O” em M274 com 40% da ETc. **B**: Endoderme com espessamento em “U” em AG 1051 com 100% da ETc. **C**: Raiz Lateral em Anhembi com 100% da ETc. **D**: Pêlos radiculares em M274 com 40% da ETc. Legenda: END= endoderme; EP= epiderme; PR= pelos radiculares; RL= raiz lateral. Barra: 60 μ m.

Fonte: Autores (2022).

O tecido floemático é conspícuo em todos os tratamentos avaliados. Em Anhembi e M274 são visualizados vasos maiores no floema que se alternam com o protoxilema

(Figura 6A-D). O metaxilema em Anhembi e M274 submetidos a 100% da ETc apresentam até 25 vasos (Figura 6A-D), enquanto em AG 1051 com 100% da ETc apresentou até 27 vasos (Figura 6A-D) e em BR 106 submetido a 100% da ETc foi visualizado até 38 vasos de metaxilema (Figura 6A-D), estando estes mais desorganizados.

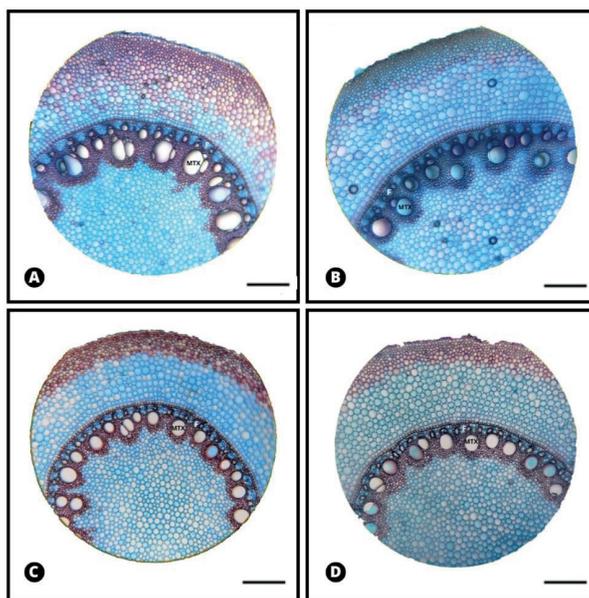


Figura 6. **A-D**: Cortes transversais de *Zea mays* com observação em microscópio óptico. **A**: Anhembi com 100% da ETc. **B**: M274 com 100% da ETc. **C**: AG 1051 com 100% da ETc. **D**: BR 106 com 100% da ETc. Legenda: F= Floema; MTX= Metaxilema. Barra: 250 μ m.

Fonte: Autores (2022).

A epiderme das raízes de plantas vasculares é um tecido, de forma geral, formado por uma camada de células de formato irregular, achatadas, vivas e aclorofiladas. De acordo com Magalhães (2012), o estresse pode causar um aumento no espessamento da epiderme, fator encontrado em M271 submetido a 40% da ETc. Segundo Souza *et al.* (2009) a epiderme apresenta esse comportamento, pois, assume o papel de barreira quando a raiz possui uma exoderme e uma endoderme menos espessa.

De acordo com Evert (2006), os pêlos radiculares são extensões de uma célula epidérmica, tipicamente unicelulares e não ramificados, sendo ramificados mais raros. No presente estudo, foram encontrados uma maior quantidade de pêlos curtos e não ramificados, porém o genótipo M274 apresentou pêlos longos e ramificados. Essa ramificação pode ser explicada como um recurso avançado e especializado para plantas que vivem em solos secos e essa expressão fenotípica em determinadas raízes ajuda na eficiência de absorção de água do vegetal (Medeiros, 2006).

O sistema fundamental (córtex) é uma região que fica entre a epiderme e o cilindro

vascular, sendo composta por células parenquimáticas de paredes delgadas e com espaços intercelulares. A exoderme tem a função de selecionar e impedir a entrada de substâncias tóxicas ou microrganismos, já em casos de estresse hídrico essa camada pode impedir a saída de água do xilema para o solo, evitando a desidratação (Peña-Valdivia *et al.*, 2005). De acordo com Chaves (2012) a exoderme (região externa do córtex) possui células de formato quadrado à heptagonal, sendo encontradas mais comumente no formato pentagonal e hexagonal, características encontradas no presente estudo.

O genótipo Anhembi foi o que apresentou um maior número de camadas, um total de 16. Uma explicação para a redução da região cortical nas cultivares é devido ao estresse hídrico causado, uma vez que Pereira *et al.* (2008) descreve que o córtex é um dos tecidos anatômicos da raiz com maior sensibilidade a mudanças no ambiente.

Internamente ao córtex mediano, visualiza-se a endoderme formando uma bainha em torno do cilindro vascular (Van Fleet, 1961; Enstone *et al.*, 2003). Nos genótipos estudados observou-se células quadradas com espessamento em “U”, sendo uma característica dos grupos de monocotiledôneas (Silva; Scatena, 2011). Nas cultivares estudadas o cilindro vascular é bem desenvolvido, podendo ser encontrado no formato circular, Chaves (2012) em seu trabalho com gramíneas observou que o cilindro vascular possui formato ovoide.

As raízes laterais têm origem através de divisões anticlinais e periclinais do periciclo, crescendo de forma continuada por meio do córtex (Cluter *et al.*, 2009). Armstrong *et al.* (1991) cita implicações para o desenvolvimento de raízes laterais em espécies de zonas úmidas devem ser induzidas por caracteres genéticos, e não por características ambientais, todavia, os genótipos de *Z. mays* que foram submetidas a estresse não apresentaram raízes laterais, enquanto nas cultivares que receberam irrigação a 100% da ETc foi observado o desenvolvimento dessas raízes.

Os genótipos AG 1051 e BR106 apresentaram um maior número de vasos do metaxilema e o tamanho dessas células foi menor do que as observadas em Anhembi, corroborando o trabalho de Magalhães (2012). Em M274 quando submetido a estresse hídrico apresentou as menores células do metaxilema dentre os demais tratamentos, Souza *et al.* (2009) relata que a redução dos vasos do xilema está relacionada com a diminuição do risco de embolismo e o aumento da resistência do fluxo de água. Alterações semelhantes nos vasos de xilema foram observadas em genótipos de milho tolerantes à seca (Peña-Valdivia *et al.*, 2005) e em milhos híbridos (Li *et al.*, 2009).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As cultivares analisadas demonstraram variações em suas características morfológicas, mas também apresentaram semelhanças anatômicas, como o formato arredondado da raiz, a espessura da epiderme e o formato da endoderme. O genótipo M274 se destacou ao exibir modificações específicas em sua anatomia quando submetido

a 40% da ETc, como epiderme mais espessa e pêlos radiculares com ramificação bifurcada. Além disso, o genótipo M274 apresentou modificações pertinentes nos caracteres morfoanatômicos, mostrando sua eficiência em condições de escassez de água, o que pode favorecer sua sobrevivência em regiões com deficiência hídrica.

Considerando os desafios ambientais, como a crise climática global e o crescimento populacional, é fundamental otimizar a produção agrícola para garantir a segurança alimentar. Nesse sentido, a compreensão dos mecanismos fisiológicos do milho em resposta ao estresse hídrico, por meio da análise da anatomia vegetal, torna-se crucial. Portanto, este estudo enfatiza a relevância dessas pesquisas para a agricultura nas regiões do Maranhão, oferecendo insights valiosos para a seleção de genótipos com maior capacidade de adaptação ao estresse hídrico.

AGRADECIMENTO

Os pesquisadores agradecem ao financiamento da bolsa de Iniciação Científica ao órgão de fomento da UEMASUL para a realização deste projeto.

REFERÊNCIAS

- ABREU, V. M. D. **Seleção indireta para tolerância a seca em milho por meio de características agrônomicas e de sementes**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 96 p. 2013.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorol Z**, Piracicaba, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ARMSTRONG, W. et al. Root adaptation to soil waterlogging. **Aquatic Botany**, v. 39, n. 1–2, p. 57–73, jan. 1991.
- BALDO, M. N. **Comportamento anatômico, fisiológico e agrônomico do milho (*Zea mays* L.) submetido a estresses de ambiente em diferentes estádios fenológicos**. Dissertação (Mestrado em agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2007.
- CARNEIRO, Henrique. **Comida e sociedade: uma história da alimentação**. Elsevier Brasil, 2017.
- CHAVES, B.E. **Aspectos anatômicos da raiz e lâmina foliar de *Saccharum* L. (Poaceae) nativas do Brasil**. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília, 2012.
- CLEMENTE, D. I. **Estresse hídrico sobre caracteres morfofisiológicos e agrônomicos em populações de milho**. 2017. 114 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Goiás, Jataí, 2017.
- CONAB - Companhia nacional de abastecimento. **Perspectiva para agropecuária**. Brasília, v.6. Safra 2018-019. Nov. 2018. Disponível em: Acesso em: 25 julho. 2022.
- CRUZ, J. C. et al. **Embrapa Milho e Sorgo, sistemas de Produção**, 2 ISSN 1679-012X Versão Eletrônica - 6ª edição, set. 2016. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/27037/1/Plantio.pdf>. Acesso em: jul 2022.

CUTLER, David F.; BOTHA, Ted; STEVENSON, Dennis Wm. **Anatomia vegetal: uma abordagem aplicada**. Artmed Editora, 2009.

ENSTONE, E. D.; PETERSON, C. A.; MA, F. 2003. Root endodermis and exodermis: structure, function, and responses to the environment. **Journal of Plant Growth Regulation** 21 :335–351.

EVERT, R. F. 2006. **Esau's Plant anatomy. meristems, cells, and tissues of the plant body - Their structure, function, and development**. New Jersey, John Wiley & Sons, Inc.

KRAUS, J.; ARDUIN, M. **Manual básico de métodos em morfologia vegetal**. Edur, Seropédia, Rio de Janeiro, 1997.

LI, Y.; SPERRY, J. S.; SHAO, M. 2009. Hydraulic conductance and vulnerability to cavitation in corn (*Zea mays* L.) hybrids of differing drought resistance. **Environ. Exp. Bot.** v. 66, p. 341–346, 2009.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; CARNEIRO, N. P.; PAIVA, E. **Fisiologia do Milho. Embrapa Milho e Sorgo**. Sete Lagoas, MG, 2002. Disponível em: <http://docsagencia.cnptia.embrapa.br/milho/circul22.pdf>. Acesso em: jun. 2022.

MAGALHÃES, P. C.; SOUZA, T. C.; ALBUQUERQUE, P. E. P. **Efeitos do estresse hídrico na produção de grãos e na fisiologia da planta de milho**. Sete Lagoas, MG, 2012. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/942408>. Acesso em jul. 2022.

MEDEIROS, J. D. Pelos radiculares ramificados em *Miconia albicans* (Sw). Triana (Melastomataceae). **INSULA**, v. 35, p. 85-94, 2006.

OLIVEIRA JÚNIOR, G. I. et al. Importância nutricional do milho. In: BORÉM, A.; RIOS, S. de A. (Org.). **Milho Biofortificado**. 1ed. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2011, v. 5, p. 107-124.

PENA-VALDIVIA, C. B.; SÁNCHEZ-URDANETA, A. B.; TREJO, C.; ROGELIO AGUIRRE R. J.; CÁRDENAS E. S. 2005. Root anatomy of drought sensitive and tolerant maize (*Zea mays* L.) seedlings under different water potentials. **Cereal Res. Commun.** v. 33, p. 705–712, 2005.

PEREIRA, F. J.; CASTRO, E. M.; SOUZA, T. C.; MAGALHÃES, P. C. Evolução da anatomia radicular do milho 'Saracura' em ciclos de seleção sucessivos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.12, p. 1649-1656, 2008.

SILVA, I. V.; SCATENA, V. L. Anatomia de raízes de nove espécies de Bromeliaceae (Poales) da região amazônica do estado de Mato Grosso, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 25, n. 3, p. 618-627, 2011.

DE SOUZA, T. C. et al. Morpho-anatomical characterization of root in recurrent selection cycles for flood tolerance of maize (*Zea mays* L.). **Plant, Soil and Environment**, v. 55, n. 11, p. 504-510, 2009

VAN FLEET, D. S. 1961. Histochemistry and function of the endodermis. **The Botanical Review**, v. 27, n. 2, p.165-220, 1961.

WILLIAMS, B. C. 1947. The structure of the meristematic root tip and origin of the primary tissues in the roots of vascular plants. **American Journal of Botany**, v. 34, n. 9, p. 455-462, 1947.