

# Caracterização fenotípica de linhagens de milho para tolerância à estresse hídrico

## Phenotypic characterization of maize lines for drought stress tolerance

Isabela de Camargo<sup>1</sup>  
Juliana Yassitepe<sup>2</sup>  
Fernanda Rausch Fernandes<sup>3</sup>  
Gustavo Costa Rodrigues<sup>4</sup>

**Resumo** – No cenário atual onde mudanças no clima têm sido observadas em várias regiões agrícolas, quase sempre com aumento de temperatura e variação na precipitação hídrica, o desenvolvimento de plantas mais tolerantes a essas mudanças é uma necessidade para garantir a produção agrícola. Este trabalho teve como objetivo caracterizar um conjunto de linhagens de milho quanto a resposta ao estresse hídrico. Plantas foram avaliadas em condições ambientais controladas, sob dois regimes de irrigação. Dos seis genótipos avaliados, três apresentaram boa performance em condições de estresse, caracterizadas por plantas mais altas, folhas mais compridas e largas e maior peso seco. A metodologia utilizada na caracterização dos genótipos de milho foi eficiente na identificação de genótipos tolerantes ao estresse hídrico em condições controladas de crescimento.

Termos para indexação: milho, estresse hídrico, fenotipagem.

**Abstract** – In the current scenario where climate changes have been observed in several agricultural regions, with increase in temperature and variation in water precipitation, the development of plants more tolerant to these changes is necessary to guarantee agricultural production. The objective of this work was to characterize the response of water stress in a set of maize inbred lines. Plants were evaluated under controlled environmental conditions and two irrigation. Out of the six evaluated genotypes, three showed a good performance in stress conditions, characterized by higher plants, longer and broader leaves and greater dry weight. The methodology used to characterize the maize genotypes was efficient to identify genotypes tolerant to water stress under controlled growth conditions.

Index terms: maize, water stress, phenotypes.

---

1 Tecnóloga em Controle Ambiental, Estudante de Tecnologia em Construção de Edifícios (Faculdade de Tecnologia da Unicamp - Limeira-SP), estagiária da Embrapa Informática Agropecuária, Campinas, SP.

2 Agrônoma, doutora em genética e melhoramento de plantas, pesquisadora da Embrapa Informática Agropecuária, Campinas, SP.

3 Agrônoma, doutora em fitopatologia, pesquisadora da Embrapa Informática Agropecuária, Campinas, SP.

4 Agrônomo, doutora em fisiologia vegetal, pesquisador da Embrapa Informática Agropecuária, Campinas, SP

## Introdução

A limitação na disponibilidade de água é um dos principais fatores que restringem a produção agrícola. Esta limitação será cada vez mais importante em função das previsões de mudanças no clima que preveem falta de chuvas e alteração nos regimes hídricos em diversas regiões agrícolas. Estratégias para mitigar a baixa disponibilidade hídrica já começaram a ser implantadas em diversas áreas e envolvem o desenvolvimento de variedades mais tolerantes à seca e algumas mudanças no manejo da cultura, como alteração da época de plantio, terraceamento e o plantio direto.

A disponibilidade de água é muito importante para a cultura do milho, especialmente em fases específicas do ciclo de desenvolvimento da planta, tais como o florescimento e o enchimento de grãos. Perdas significativas são observadas quando ocorre estresse nessas fases: dois dias de estresse hídrico no florescimento diminuem o rendimento de grãos em mais de 20% e se o estresse persistir por quatro a oito dias, a redução é de mais de 50% (Magalhães; Durães, 2006). Variedades mais tolerantes à seca são usualmente selecionadas dentre um conjunto de genótipos tolerantes e não tolerantes. Apesar de já existirem diversas estratégias de seleção de variedades baseadas no genoma, a seleção baseada em características fenotípicas de plantas submetidas à condições de estresse é ainda o método mais empregado (Avramova et al., 2016). Um aspecto importante na seleção de variedades é a identificação de quais características devem ser mensuradas, principalmente se a avaliação ocorrer em condições controladas (Pimentel; Perez, 2000). Uma boa característica fenotípica é aquela que reproduz o mesmo comportamento do genótipo tanto em condições controladas como no campo (Camacho; Caraballo, 1994). Um outro aspecto importante na seleção de variedades é a avaliação precoce. Em milho, o florescimento e o enchimento de grãos são as fases do ciclo mais afetadas pela falta de água. No entanto, estas etapas acontecem apenas no final do ciclo de desenvolvimento da cultura e requerem mais espaço e tempo na avaliação. A identificação de características em fases iniciais do ciclo de desenvolvimento que possuem boas correlações com as fases mais impactadas podem acelerar a seleção de genótipos promissores (Durães et al., 2004).

Este trabalho teve como objetivo caracterizar diferentes linhagens de milho quanto à tolerância ao estresse hídrico em fase inicial do ciclo de crescimento das plantas e em condições ambientais controladas.

## Materiais e Métodos

O experimento foi conduzido em uma câmara de crescimento sob condições controladas localizada na Embrapa Informática Agropecuária. Seis genótipos (linhagens) de milho foram utilizados (B104, CML440, CML441, CML488, CML536 e CML538). A linhagem B104 é americana e foi utilizada nesse estudo como genótipo controle, sensível ao estresse hídrico. As demais linhagens foram desenvolvidas pelo Cimmyt (Centro de Melhoramento de Milho e Trigo, México) para serem cultivadas na África e são potencialmente tolerantes a seca.

Para cada genótipo foram utilizadas 12 plantas, sendo que 6 foram usadas para a condição controle, onde as plantas foram irrigadas diariamente e 6 usadas para a condição de estresse hídrico. As plantas foram distribuídas aleatoriamente dentro da câmara de crescimento, seguindo o delineamento inteiramente casualizado.

O plantio do experimento foi realizado no dia 05 de julho de 2018. As sementes de cada genótipo foram plantadas em vasos de 2L contendo substrato comercial. As plantas foram cultivadas em condições ótimas de crescimento (29°C, 14hs de luz e 10hs escuro, irrigação diária) até o estágio V4, com exceção da umidade relativa que foi sempre mantida a 20%. Após atingirem o estágio V4, as plantas do tratamento de estresse hídrico foram submetidas a 4 ciclos de estresse e recuperação, onde a irrigação foi suspensa, sem alteração nas demais variáveis ambientais, até o surgimento de sintomas visuais de estresse hídrico. Após esse período, a irrigação foi

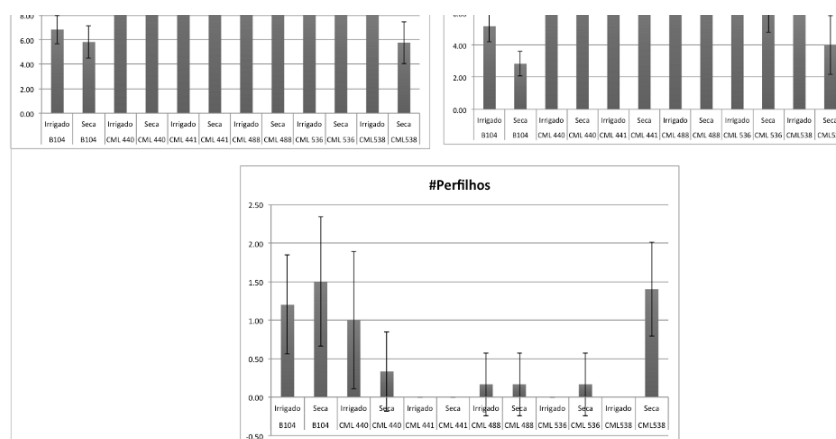
restabelecida por dois dias, até recuperação das plantas. Ao final do experimento, as seguintes características fenotípicas foram mensuradas: estágio de desenvolvimento, número de folhas, número de perfilhos, altura de planta, comprimento de folha, largura de folha e peso seco.

## Resultados e Discussão

Plantas de 6 diferentes linhagens de milho foram cultivadas em condições controladas de temperatura (29 °C), luz (14hs de luz e 10hs de escuro, intensidade luminosa média), umidade relativa (20%) e água (irrigação diária) em uma câmara de crescimento por 33 dias. Quando as plantas atingiram o estágio de desenvolvimento V4, que ocorreu 18 dias após o plantio, as plantas foram submetidas a ciclos de estresse e recuperação. Em cada ciclo de estresse e recuperação a irrigação foi suspensa até o aparecimento dos primeiros sintomas visuais de estresse hídrico – folhas murchas, encarquilhadas, opacas. Após esse período, a irrigação foi retomada até a completa recuperação das plantas, onde os sintomas anteriormente observados não estavam mais presentes. Esse ciclo de estresse e recuperação se repetiu 4 vezes, em um período de 15 dias. Houve morte de 7 plantas, sendo uma do genótipo CML 441 e outras 6 do genótipo CML 538.

A Figuras 1 mostram os resultados observados para as características número de folhas, estágio de desenvolvimento (escala V) e número de perfilhos. Para o número de folhas e estágio de desenvolvimento foi observado diferenças entre o genótipo controle B104 e os genótipos CMLs, nas duas condições do experimento, irrigado e estressado. Não foram observadas diferenças significativas entre as condições irrigada e estressado para nenhuma linhagem CML tanto para o número de folhas como para o estágio de desenvolvimento. Para a característica estágio vegetativo, única diferença observada entre condição irrigada e estressada foi para o genótipo B104.

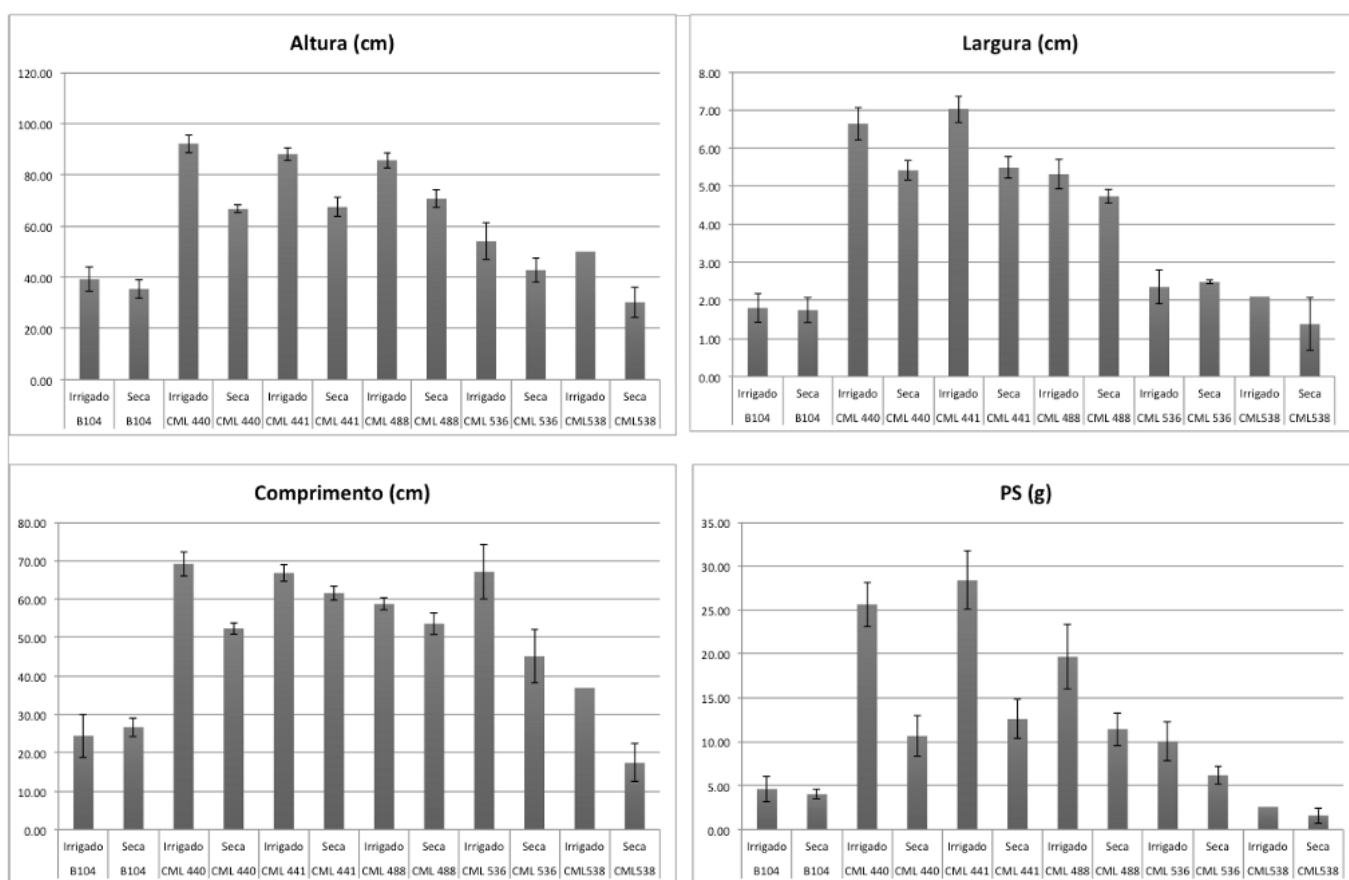
Uma das características fenotípicas usadas como indicativo de resposta a estresse em milho é o perfilhamento das plantas. Em condições ótimas de crescimento, as cultivares modernas de milho, como as utilizadas no experimento, não perfilham. Como pode ser observado na Figura 1, a linhagem B104, temperada, foi a que apresentou o maior número de perfilhos, independente do tratamento. A linhagem CML 538 também foi bastante afetada pelo estresse, representado pelo grande número de perfilhos que essa linhagem apresentou quando submetida ao estresse hídrico.



**Figura 1.** Resultados observados para número de folhas, estágio de desenvolvimento e número de perfilhos.

Os resultados observados para as características altura de planta, largura de folha, comprimento de folha e peso seco estão apresentados na Figura 2. Para todas essas características houve diferença entre as linhagens CMLs e a linhagem B104. As características altura de planta e peso seco foram as características que mais mostraram diferenças entre as plantas irrigadas e estressadas, sendo possivelmente, as melhores características a serem utilizadas para discriminar genótipos tolerantes à seca.

A linhagem B104 foi a linhagem que teve o pior desempenho em crescimento, independente do tratamento de estresse hídrico imposto. Esta linhagem foi desenvolvida nos EUA e é adaptada a condições de clima temperado. O pior desempenho em crescimento dessa linhagem pode ser atribuído às condições ambientais da câmara, principalmente temperatura e luminosidade, que tiveram níveis acima do encontrado em uma região temperada. A temperatura média em regiões produtoras de milho nos EUA, fica abaixo de 23°C (Yassitepe et al., 2015) e no experimento, a temperatura foi mantida a 29°C, constantemente, durante o dia.



**Figura 2.** Resultados observados para altura de planta, largura de folha, comprimento de folha.

## Considerações Finais

Considerando todas as características mensuradas, as linhagens CML536 e CML538, foram as que apresentaram pior desempenho, nas duas condições estudadas. As linhagens CML440, CML441 e CML488, foram as que mais sofreram com o estresse hídrico, mas foram também as que apresentaram o melhor desempenho, nas duas condições estudadas. Com a metodologia utilizada no presente estudo foi possível discriminar genótipos de milho quanto a resposta ao estresse hídrico. A próxima etapa do trabalho será verificar, em condições de campo, se os genótipos terão a mesma resposta que a observada em condições controladas.

## Agradecimentos

À Embrapa Informática Agropecuária pela oportunidade de estágio. Ao meu orientador Gustavo

Costa Rodrigues e as pesquisadoras Juliana Yassitepe e Fernanda Rausch pelo apoio e orientação durante a execução do trabalho.

## Referências

AVRAMOVA, V.; NAGEL, K. A.; ABDELGAWAD, H.; BUSTOS, D.; DUPLESSIS, M.; FIORANI, F.; BEEMSTER, G. T. S. Screening for drought tolerance of maize hybrids by multi-scale analysis of root and shoot traits at the seedling stage. **Journal of Experimental Botany**, v. 67, p. 2453–2466, 2016.

CAMACHO, R.G.; CARABALLO, D.F. Evaluation of morphological characteristics in venezueela maize (*Zea mays* L.) genotypes under drought stress. **Scientia Agricola**, v. 51, n. 3, p. 453-458, 1994.

DURÃES, F. O. M., SANTOS, M. X.; GAMA, E. E. G.; ALBUQUERQUE, P. E. P.; GUIMARÃES, C. T. **Fenotipagem associada a tolerância a seca em milho para uso em melhoramento, estudos genômicos e seleção assistida por marcadores**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2004. 17 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular técnica, 39). Disponível em: <[http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPMS/16487/1/Circ\\_39.pdf](http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPMS/16487/1/Circ_39.pdf)>. Acesso em: 20 set. 2018.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M. **Fisiologia da produção de milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 10 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular técnica, 76). Disponível em: <[http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPMS/19620/1/Circ\\_76.pdf](http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPMS/19620/1/Circ_76.pdf)>. Acesso em: 20 set. 2018.

YASSITEPE, J. E. C. T.; WELDEKIDAN, T.; LEON, N. de; FLINT-GARCIA, S.; HOLLAN, J.; LAUTER, N.; MURRAY, M.; XU, W.; HESSEL, D. A.; KLEINTOP, A. E.; HAWK, J. A.; HALLAUER, A.; WISSER, R. J. Hallauer's Tusón: a decade of selection for tropical-to-temperate phenological adaptation in maize. **Heredity**, v. 114, p. 229-240, 2015.