

AVALIAÇÃO DA TOLERÂNCIA À DEFICIÊNCIA HÍDRICA NA EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO

Cleber Morais Guimarães & Luís Fernando Stone¹

Introdução

A região do Cerrado começou a produzir em alta escala soja, milho, arroz e feijão a partir dos anos de 1970, tanto pelos incentivos governamentais como pelas suas características naturais. A topografia plana favoreceu a mecanização. Os solos, considerados improdutivos, tornaram-se produtivos com a aplicação de quantidades consideráveis de corretivos e fertilizantes. Assim, essa região assumiu importância estratégica para o desenvolvimento de uma agricultura comercial moderna de alta produtividade. Entretanto seu sucesso, avaliado pelos resultados econômicos obtidos, não depende apenas da racional e eficiente aplicação de fatores de produção, insumos, trabalho, uso correto de tecnologia e do mercado. Ele é influenciado também, e fortemente, pelas condições climáticas, principalmente pela distribuição irregular de chuvas, que ocasiona déficit de água nas plantas e constantes frustrações de safra. Como o período de ocorrência da deficiência hídrica não pode ser previsto, a antecipação ou o atraso da sementeira tentando evitar a coincidência com o florescimento, que é o período de desenvolvimento da planta mais sensível à deficiência hídrica, não é efetivo. Ademais, embora as implicações do aquecimento global sejam imprevisíveis, ele certamente poderá comprometer a disponibilidade de chuvas nas regiões tidas como favoráveis e agravar nas regiões tidas atualmente como de alto risco.

A fisiologia das plantas, a biologia molecular e o melhoramento genético desempenharão um papel chave nesse processo. Portanto, entender a tolerância das plantas à deficiência hídrica e como explorá-la, devem ser considerados não só como problemas de ordem agrônômica, fisiológica ou ecológica, mas também como importante meta internacional de significância humanitária, econômica e política. A identificação e a compreensão dos mecanismos de tolerância à deficiência hídrica são fundamentais no desenvolvimento de novas cultivares comerciais mais tolerantes à deficiência hídrica.

A cultura do feijoeiro e principalmente a do arroz de terras altas são muito sensíveis às condições climáticas. Elas são produtivas nos sistemas de produção tecnificados e quando as exigências climáticas são satisfeitas. Entretanto, quando isso não ocorre, a produtividade é totalmente comprometida, sendo inversamente proporcional à duração e à intensidade das condições climáticas adversas. De forma geral, a deficiência hídrica não causa prejuízos muito severos quando ocorre na fase vegetativa da planta de arroz entretanto, quando ocorre na floração, o número de grãos e a sua formação são severamente comprometidos. Resultados similares são observados para o

¹ Embrapa Arroz e Feijão. Santo Antônio de Goiás, GO. E-mail: cleber@cnpaf.embrapa.br

feijoeiro, pois há maior redução da produtividade quando ocorre na floração, pela abscisão de flores e de vagens. Ambas as culturas são cultivadas em todo território nacional, portanto sujeitas às mais variadas condições climáticas.

Objetivos da Avaliação da Tolerância à Deficiência Hídrica

1. Caracterizar os principais fatores fisiológicos e morfológicos responsáveis pela tolerância à deficiência hídrica;
2. Conduzir populações segregantes e selecionar linhagens promissoras, em condições de deficiência hídrica;
3. Fenotipar populações de mapeamento; e
4. Avaliar a tolerância à deficiência hídrica de linhas elites dos programas de melhoramento.

Sítios de avaliação

A fenotipagem para tolerância à deficiência hídrica demanda experimentações conduzidas à campo, protocolos de avaliações, instalação e monitoramento dos tratamentos hídricos aplicados; suas épocas de aplicação, assim como a duração e a intensidade de aplicação. Nesse contexto, um sítio de fenotipagem para tolerância à deficiência hídrica deve apresentar condições de solo representativas das regiões produtoras. O clima deve ser propício, principalmente temperaturas noturnas e diurnas, que conferem desenvolvimento normal à planta. Deve apresentar também precipitação pluvial mínima, que não comprometa o controle da água no solo, além de sistema de irrigação que garanta eficiência na distribuição de água e monitoramento da água aplicada.

Nesse sentido, selecionou-se a Estação Experimental da Emater-GO em Porangatu para a condução das avaliações de tolerância à deficiência hídrica. Adicionalmente, foram iniciadas as fenotipagens auxiliares em ambiente controlado na Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás-GO, em colunas de solo, que fornecem informações adicionais e específicas no mapeamento das características fenotípicas associadas à tolerância à deficiência hídrica, como a avaliação do crescimento radicular das plantas.

Protocolos de Avaliação

Aplicam-se protocolos específicos para as diversas fases de fenotipagens. Faz-se desde seleção individual de plantas em gerações segregantes até levantamentos detalhados da resposta das plantas ao estresse de deficiência hídrica em fenotipagens avançadas. Os genótipos são conduzidos, geralmente, em dois ambientes contrastantes de água no solo. No primeiro, mantém-se condição adequada de água no solo durante todo o ciclo de desenvolvimento das plantas mediante irrigações de aproximadamente 25 mm, efetuadas quando o potencial matricial da água do solo a 15 cm de profundidade, avaliado por tensiômetros instalados na área experimental, atingir $-0,025$ MPa (STONE et al., 1986) para o arroz e $-0,035$ MPa (SILVEIRA; STONE, 1994) para o feijoeiro. No segundo ambiente, mantém-se essas irrigações até aos 20-25 dias e 25-30 dias após a emergência, respectivamente, para o feijoeiro

e para o arroz, quando é imposta a deficiência hídrica pela aplicação de aproximadamente metade da lâmina de irrigação aplicada no primeiro ambiente. As irrigações são efetuadas por barras irrigadoras com 36 m de envergadura e equipadas com aspersores autorreguladores de pressão. O sistema, para se adequar às culturas, permite um ajustamento de altura, que diminui o efeito do vento sobre a distribuição da água aplicada. O conjunto barra e aspersores é montado sobre um chassi com rodas, que se move ao longo dos experimentos a uma velocidade constante, graças a um sensor de velocidade que equipa o sistema de irrigação e que possibilita a aplicação da lâmina de água planejada. Adicionalmente, por meio de coletores de água distribuídos na área experimental, é possível monitorar a distribuição da água de irrigação.

As avaliações de raízes são conduzidas preferencialmente em telados. Utilizam-se colunas de solo acondicionadas em tubos de PVC de 25 cm de diâmetro e 100 cm de altura, formados de cinco anéis de 20 cm de altura, interligados por fita adesiva, e são consideradas nas avaliações cinco profundidades do solo, 0-20, 20-40, 40-60, 60-80 e 80-100 cm. Os genótipos são mantidos em condições adequadas de umidade no solo até à floração, quando é aplicada a deficiência hídrica, que é mantida até a colheita. Nessa fase é avaliado o perfilhamento, a biomassa da parte aérea e o sistema radicular. O perfilhamento é avaliado pela contagem de colmos. A biomassa da parte aérea é determinada após secagem em estufa a 80°C por cerca de 48 h, até massa constante. O sistema radicular é avaliado em amostras compostas de quatro subamostras simples, com trado tipo calha, com aproximadamente 7 cm de diâmetro e comprimento correspondente ao da camada de solo amostrada. A separação das raízes presentes nas amostras de solo é feita por meio do método de suspensão/decantação repetitivas (GUIMARÃES et al., 1996). Após a separação, as raízes são recuperadas do sobrenadante em peneiras de 0,25 mm, com o auxílio de pinças, e acondicionadas em freezer. Posteriormente são descongeladas, purificadas e submetidas à avaliação pelo método informatizado WinRhyzo. São determinados o comprimento, o número, a espessura média e o volume radicular.

Determina-se também a resistência difusiva estomática, o potencial da água nas folhas, a temperatura das folhas e componentes de crescimento da planta (GUIMARÃES et al., 2006; GUIMARÃES et al., 2010). As leituras do potencial de água na planta e da temperatura das folhas são efetuadas do amanhecer ao pôr do sol, enquanto a da resistência difusiva é iniciada após o desaparecimento do orvalho, para não comprometer as leituras. Essas leituras são feitas na superfície superior das folhas apicais completamente expandidas e com boa exposição solar. O potencial da água na folha é determinado com câmaras de pressão. A temperatura das folhas é avaliada com um termômetro de infravermelho e a resistência difusiva com porômetro

Avaliações Realizadas

São efetuadas avaliações preliminares, em alto número de genótipos, em que se faz um levantamento não detalhado do comportamento das plantas

em dois ambientes, com e sem deficiência hídrica, e seleciona-se um menor número de genótipos com maior divergência fenotípica para tolerância a esse estresse abiótico. Os acessos são provenientes das mais variadas fontes e características fenotípicas. As fases seguintes da seleção são caracterizadas pelo aumento da pressão de seleção e detalhamento das informações. Cruzamentos simples e múltiplos são projetados e efetuados pelos programas de melhoramento entre os genótipos desse programa com os dos demais, que buscam outras características, como resistência a doenças, tipo de arquitetura de planta, alto teor de ferro e zinco, etc. As linhas segregantes e fixadas são avaliadas nos ambientes hídricos descritos anteriormente.

Neste trabalho são contemplados atualmente os seguintes projetos: (1) Fenotipagem, avaliação de mecanismos de tolerância e associação genômica aplicadas ao desenvolvimento de recursos genéticos de cereais tolerantes à seca, (2) Melhoramento genético para produtividade e qualidade dos grãos da cultura do arroz no Brasil, (3) Melhoramento genético para o fortalecimento da cadeia produtiva do feijoeiro comum, (4) Aplicação de tecnologias genômicas no melhoramento do feijoeiro comum visando a identificação de genes candidatos e mapeamento de locos associados ao estresse hídrico e à murcha de *curtobacterium*, (5) Plataforma genômica para o melhoramento genético e genômica comparativa de leguminosas tropicais visando resistência à seca, (6) *Biofortified crops with improved vitamin A, essential minerals and quality protein* e (7) Transformação genética de algodão, cana-de-açúcar, feijão, milho e soja com construções rd:AtDREB visando tolerância à seca.

Resultados Preliminares com a Cultura do Arroz

Os estudos tiveram início em 2004 com a condução de atividades de projetos nacionais e internacionais. Foram conduzidas fenotipagens em condições de campo e em ambiente controlado, como atividades do Projeto Orygens – Inovações genômicas para o descobrimento de genes e melhoramento genético de gramíneas e do Projeto *Generation Challenge Programme*. Fenotiparam-se populações de mapeamento, coleção de cultivares tradicionais de arroz de terras altas, com ampla divergência fenotípica, e linhas interespecíficas do cruzamento *O. sativa* x *O. glaberrima*.

Após seguidas avaliações, foram identificados os genótipos CA780308 (Amarelão Ligeiro), CA780329 (Comum Creolo), CA780336 (Pratão Goiano), CA870092 (Branquinho), CA870139 (Noventinha), CA870177 (Arroz Roxo ou Caqui), CNA0000937 (Catalão), CNA0001420 (Carreon) e CNA0004623 (Pico Negro) como produtivos quando irrigados adequadamente e tolerantes à deficiência hídrica.

Com relação as avaliações das linhas interespecífica, constatou-se que apenas uma, a CT16308-CA-5-M, foi produtiva sob condições de deficiência hídrica e classificada no grupo mais produtivo juntamente com as linhas não interespecíficas, CNA 9045 (BRS Monarca) e BRA 1618. Neste trabalho foi observado que as linhas mais produtivas sob deficiência hídrica apresentaram

temperaturas das folhas mais baixas durante a fase reprodutiva. Verificou-se, também, que tanto as linhas interespecíficas como as não interespecíficas sofreram redução linear da produtividade com o aumento da temperatura das folhas, porém com diferentes intensidades.

Avaliaram-se também linhas de arroz de terras altas do grupo *indica*. Na ausência de deficiência hídrica, os genótipos foram classificados em quatro grupos segundo a sua produtividade, sendo o mais produtivo composto pelo genótipos (IRRI 2) B6144F-MR-6-0-0 e (IRRI 7) IR71525-19-1-1. Na presença de deficiência hídrica, eles foram classificados em três grupos, sendo o mais produtivo composto pelos genótipos (IRRI 2) B6144F-MR-6-0-0, (IRRI 9) IR72176-140-1-2-2-3, (IRRI 16) IR77080-B-34-3, (IRRI 33) IR80312-6-B-3-2-B e (IRRI 36) UPLRI 7. Verificou-se que o genótipo (IRRI 2) B6144F-MR-6-0-0 foi classificado no grupo mais produtivo, tanto na presença como na ausência de deficiência hídrica.

Em casa de vegetação, em colunas de solo de 25 x 100 cm contactou-se que, sob deficiência hídrica, o grupo de genótipos com maior densidade radicular na profundidade de 60-80 cm de profundidade foi composto pelas cultivares Muruim Branco (CA790241), Agulhinha Tardio (CA800143) e Vermelho (CA800150). A Muruim Branco (CA790241) também apresentou sistema radicular mais desenvolvido nas camadas de 40-60 cm e de 0-20 cm de profundidade e manteve, sob condições hídricas adequadas, bom desenvolvimento radicular nas camadas mais profundas do solo. Os dados sugerem que essa é uma característica constitutiva da cultivar, pois manifestou-se mesmo no tratamento sem deficiência hídrica. Observou-se ainda que a densidade radicular média observada nas colunas de solo conduzidas em condições de casa de vegetação e o índice de susceptibilidade à deficiência hídrica determinado em condições de campo correlacionaram-se negativamente, sinalizando que as cultivares com maior tolerância à deficiência hídrica em condições de campo apresentaram maior densidade radicular nas colunas de solo conduzidas em condições de casa de vegetação. Desta maneira, a avaliação do sistema radicular nesse ambiente, por ser menos trabalhoso e oneroso, constitui-se numa ferramenta importante de fenotipagem para tolerância à deficiência hídrica.

Adicionalmente observou-se que os genótipos com melhor adaptação à deficiência hídrica, por apresentarem menor resistência difusiva estomática e maior potencial de água nas folhas, apresentaram menor temperatura das folhas ao longo do dia e essa variou linearmente com o potencial de água nas folhas. Assim, a termometria ao infravermelho, se conduzida adequadamente, constitui-se num componente secundário importante na avaliação de linhagens para as regiões com distribuição irregular de chuvas, pois é rápida e não destrutiva.

Resultados Preliminares com a Cultura do Feijoeiro

Foram avaliados inicialmente para tolerância à deficiência hídrica genótipos da coleção nuclear, viveiros internacionais, cultivares lançadas, linhas de seleção recorrente e também foi conduzida seleção individual de plantas em F2 e F1:3.

Depois de seguidas avaliações em ambientes hídricos contrastantes foram identificados os genótipos Bambuí, FT 84-292, G 4280, BAT 304 e G 6490 como os mais produtivos sob condições de deficiência hídrica. Entre as linhas elites do programa de melhoramento do feijão observou-se que o genótipo mais produtivo do tipo carioca foi o IPR Juriti. Esse genótipo foi classificado entre os mais precoces, com floração aos 41 dias após a semeadura. Destacaram-se também os genótipos CNFC11959, CNFC11953, CNFC11954, CNFC11966, CNFC11952, CNFC11962, CNFC11956 e BRS Estilo. Os genótipos mais produtivos do tipo preto foram CNFP 11983, CNFP 11979, CNFP 11985 e CNFP 11994. Todos esses genótipos foram classificados entre os mais tardios, exceto o CNFP 11994, que se classificou entre os mais precoces, com floração aos 42 dias após a semeadura. Destacaram-se ainda os genótipos BRS Campeiro, CNFP 11984, BRS Esplendor, IPR Uirapuru, CNFP 11995, CNFP 11978, CNFP 11976 e CNFP 11973.

Adicionalmente observou-se que cultivares com diferentes tolerâncias à deficiência hídrica, Pérola e BAT 477, diferem quanto ao potencial da água nas folhas e temperatura do dossel. Os potenciais observados na BAT 477 foram inferiores aos observados na Pérola, tanto na presença como na ausência de deficiência hídrica. Verificou-se ainda que a BAT 477 apresentou temperatura do dossel mais baixa que a Pérola durante as horas de maior demanda atmosférica, no tratamento com deficiência hídrica. Os dados sugerem que a BAT 477, ao desenvolver menor potencial de água na folha, apresenta maior gradiente de potencial de água no sistema folhas-raízes e maior fluxo de água, maior transpiração e menor temperatura das folhas, comparativamente à Pérola. Esse mecanismo pode ser favorecido por um sistema radicular mais desenvolvido e eficiente na absorção de água. Os dados sugerem também que o mecanismo encontra-se ativado tanto em ambiente com e sem deficiência hídrica.

Finalmente pode-se acrescentar que os trabalhos de fenotipagem serão aprimorados com o desenvolvimento e a implantação, com tecnologias de domínio da Embrapa (TORRE NETO et al., 2007), de um sistema de irrigação de precisão e monitoramento de umidade do solo. O sistema permitirá uma fenotipagem automatizada para tolerância à deficiência hídrica, tendo como base a quantidade de água absorvida pelas raízes, a profundidade da zona efetiva do sistema radicular na absorção de água e o planejamento de tratamentos hídricos.

Referências Bibliográficas

GUIMARÃES, C.M.; BRUNINI, O.; STONE, L.F. Adaptação do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) à seca. I. Densidade e eficiência radicular. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 31, n.6, p.393-399, 1996.

GUIMARÃES, C.M.; STONE, L.F.; BRUNINI, O. Adaptação do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) à seca. Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.10, n.1, p.70-75, 2006.

GUIMARÃES, C.M.; STONE, L.F.; LORIEUX, M.; OLIVEIRA, J.P. de; ALENCAR, G.C. de O.; DIAS, R.A.A. Infrared thermometry for drought phenotyping of inter and intra specific upland rice lines. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.14, n.2, p.148–154, 2010.

SILVEIRA P.M. da; STONE L.F. Manejo da irrigação do feijoeiro: uso do tensiômetro e avaliação do desempenho do pivô central Brasília: EMBRAPA-SPI 1994 46p. EMBRAPA-CNPAP Documentos 27.

STONE, L.F.; MOREIRA, J.A.A.; SILVA, S.C. da. Tensão da água do solo e produtividade do arroz. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1986. 6p. (EMBRAPA-CNPAP. Comunicado Técnico, 19).

TORRE NETO, A.; RODRIGUES, E.L.L.; FERRAREZI, R.A.; SPERANZA, E.A.; OLIVEIRA, A.C.N. Rede de sensores e atuadores sem fio para irrigação com taxa variável. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AUTOMAÇÃO INTELIGENTE, 8., 2007, Florianópolis. [Anais...] Florianópolis: [UFSC], 2007. 1 CD-ROM.