



## POTENCIAL DA ÁGUA EM FUNÇÃO DO TEMPO APÓS A RETIRADA DA FOLHA DA PLANTA

Genei A. Dalmago<sup>1</sup>, Elizandro Fochesatto<sup>2</sup>, Juliana Lanfredi<sup>3</sup>, Anderson Santi<sup>4</sup>, Gilberto R. Cunha<sup>4(\*)</sup>

1 Eng.-agr., Pesquisador da Embrapa Trigo, Bolsista do CNPq/PQ, Passo Fundo – RS, Fone: (0xx54) 3316 5836,

[genei.dalmago@embrapa.br](mailto:genei.dalmago@embrapa.br).

2 Eng.-agr., Aluno de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia/Agrometeorologia, Bolsista Fapergs/Capes, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre – RS.

3 Aluno do Curso de Agronomia, Faculdade de Agronomia, Instituto de Desenvolvimento Educacional do Alto Uruguai (IDEAU), Bolsista de Iniciação Científica -CNPq/PIBIC, Getúlio Vargas-RS.

4 Eng.-agr., Pesquisador da Embrapa Trigo, (\*) Bolsista CNPq/DT, Passo Fundo – RS

Apresentado no XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 02 a 06 de Setembro de 2013 – Centro de Convenções e Eventos Benedito Silva Nunes, Universidade Federal do Para, Belém, PA.

**RESUMO:** O objetivo deste trabalho foi determinar o tempo máximo entre a retirada da folha da planta e a medição do potencial da água nessa estrutura vegetal, sem perda de informação. Para as avaliações foi utilizado um experimento no delineamento em blocos ao acaso, com quatro repetições, com as culturas de soja e milho. O potencial de base e o potencial mínimo da água na folha foram determinados nos tempos 0, 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 minutos após a retirada das folhas das plantas, nos dias 11 e 15/01/2013. Para cada tempo foi utilizada uma folha, retirada das plantas antes do nascer do sol e próximo às 13 horas, para representar o potencial de base e o potencial mínimo da água na folha, respectivamente. As folhas foram acondicionadas em embalagens plásticas herméticas e colocadas em caixa de isopor com gelo, para redução da temperatura das folhas. Não houve diferença significativa até 90 e 30 minutos após a retirada da folha da planta para o potencial de base e para o potencial mínimo da água na folha de milho. Em soja, o tempo foi de aproximadamente 150 minutos, para ambos indicadores hídricos, porém a variabilidade foi maior do que para o milho. A determinação do potencial da água na folha da soja e milho não necessita ser realizada imediatamente após a retirada da folha da planta.

**PALAVRAS-CHAVE:** água na planta, metodologia de avaliação, ecofisiologia vegetal

### LEAF WATER POTENTIAL AS FUNCTION OF DETACHING TIME

**ABSTRACT:** The objective of this study was to determine the maximum detaching time for measuring leaf water potential, without loss of information. A factorial experiment was conducted in a randomized block design with four replications. The soybean and corn cultivars, BMX Ativa and Pioneer P 2530, respectively, were used. In January 11 and 15 of 2013 leaves were detached from plants around pre-dawn and 13:00 hours. Detached leaves were packed in closed plastic bags and placed in polystyrene boxes with ice. Leaf water potential measurements were taken, at interval of 0, 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 and 240





minutes after detaching the leaves. In corn, no significant differences, leaf water potential, were observed within 90 and 30 minutes after detaching leaves from plant leaf around pre-dawn and 13:00 hours, respectively. In soybean, the time was approximately 150 minutes around pre-dawn and 13:00 hours. However, the variability observed in soybean was greater than in corn. Therefore, leaf water potential measurements do not need be performed immediately after detaching leaf from plant.

**KEYWORDS:** Leaf water potential, plant-water relationship, Evaluation methodology, and plant ecophysiology

## INTRODUÇÃO

O monitoramento da condição hídrica das plantas possibilita integrar um conjunto amplo de fatores que afetam as relações hídricas no sistema solo-planta-atmosfera. Entre as variáveis mensuradas, o potencial da água na folha é o mais amplamente utilizado, por ser de fácil determinação, em relação aos outros indicadores, como, por exemplo, a condutância estomática. O potencial da água na folha tem se mostrado um bom indicador para avaliar o estado hídrico instantâneo das plantas e a evolução hídrica com o tempo, em diversas culturas de interesse agrícola (Biachi et al., 2005; Martorano, 2007).

Apesar da sua importância, a utilização deste indicador para avaliar e/ou monitorar a condição hídrica das plantas apresenta limitações. Devido ao fato de a leitura ter que ser feita imediatamente após a retirada da folha da planta, isso reduz a capacidade de monitoramento a campo, em experimentos mais complexos, com número elevado de tratamentos e/ou em aplicações na agricultura de precisão, cuja área de monitoramento, normalmente, é elevada (mínimo de 30 a 40 ha). Nestas condições é necessário ampliar o número de equipamentos, que nem sempre é possível, devido ao elevado custo de aquisição e a necessidade de mão-de-obra especializada para a operação da câmara de pressão.

Para tentar viabilizar a determinação do potencial da água na folha a campo, em experimentos complexos, sem perda de precisão e aumento significativo de custos, é necessária a busca de estratégias para reduzir e/ou impedir a perda significativa de água da folha. O objetivo deste trabalho foi determinar o tempo máximo entre a retirada da folha da planta e a determinação do potencial da água na mesma, sem perdas significativas de informação.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na área experimental da Embrapa Trigo (latitude 28°15'S, longitude 52°24'W e altitude 687 metros) na safra de verão de 2012/2013. O clima da região é Cfa, segundo a classificação climática de Köppen, e o solo é classificado como Latossolo Distrófico húmico (Streck et al., 2008).

Para a realização do trabalho foi utilizado um experimento de longa duração, com culturas de grãos de inverno e verão, implantado em 1980, no desenho experimental de blocos ao acaso, com quatro repetições. Foram utilizados apenas os sistemas de rotação de culturas: ervilhaca/milho, aveia branca/soja e trigo/soja (sistema 1) e trigo/soja, aveia branca/soja, trigo/soja e aveia preta/milho (sistema 2). As avaliações foram realizadas na safra de verão de 2012/2013 nas culturas de soja e milho, respectivamente nos sistemas 1 e 2.





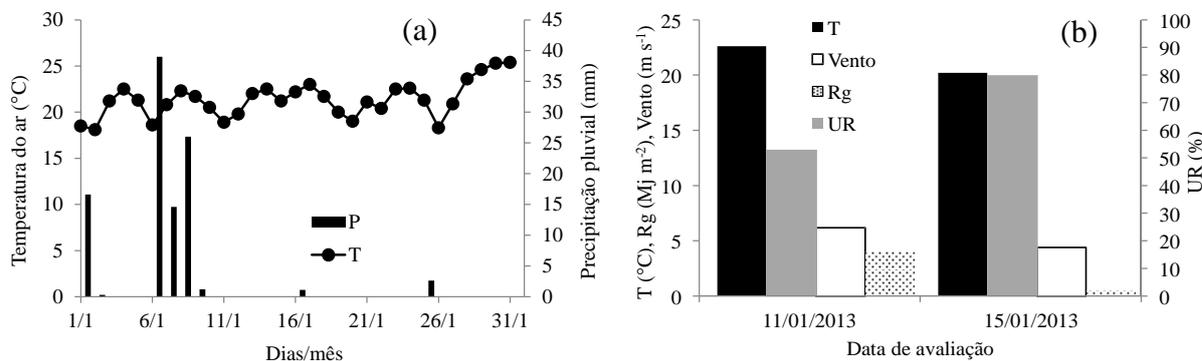
A semeadura das culturas de verão foi feita com semeadora acoplada a trator entre os dias 29 e 30/11/2012, no espaçamento de 45 cm entre linhas, buscando uma densidade de 250.000 e 80.000 plantas ha<sup>-1</sup> para soja e milho, respectivamente. A cultivar de soja utilizada foi a BMX Ativa e a cultivar de milho foi, o híbrido Pioneer P 2530. A adubação de base foi de 300 kg ha<sup>-1</sup> de NPK da fórmula 5-25-25 para as duas espécies e a adubação de cobertura para o milho foi com 120 kg ha<sup>-1</sup> de ureia. O controle de plantas daninha, pragas e doenças foi feito conforme a necessidade e indicações técnicas para cada espécie. As leituras do potencial da água na folha foram feitas nos dias 11 e 15/01/2013 antes do nascer do sol (potencial de base) e entre os horários das 13 e 14 horas (potencial mínimo da água na folha). No momento de leitura de cada potencial da água na folha (base e mínimo) foram retiradas nove folhas em cada repetição para cada espécie. As folhas foram imediatamente acondicionadas em embalagem plástica, com vedação por zíper hermético para evitar trocas gasosas com o ambiente externo. Posteriormente, a embalagem plástica foi colocada dentro de uma caixa de isopor com gelo, para a redução da temperatura do conjunto folha-embalagem-ar, com o objetivo de reduzir a temperatura do ar em contato direto com a folha, o que, por consequência reduziria a pressão de vapor do ar. Para evitar danos físicos nas folhas o gelo foi colocado na parte inferior da caixa de isopor, separado das folhas por um pedaço de papelão. Imediatamente após o acondicionamento das folhas foi iniciada a determinação do potencial da água na folha nos tempos: 0, 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 e 240 minutos, com a utilização de uma câmara de pressão modelo Scholander. O procedimento adotado consistiu em deixar a extremidade do pecíolo externo à câmara pelo anel de vedação e a pressão sendo aplicada no limbo foliar no interior da câmara, até a saída de água na extremidade do pecíolo. No caso do milho retirou-se apenas a metade da folha da planta e por isso foi feito um pseudo-pecíolo retirando cerca de 7 a 8 cm da lâmina foliar de cada lado da nervura central, ficando a nervura central como pseudo-pecíolo.

Os valores de potencial da água na folha foram submetidos à análise variância e ao teste de comparação de médias de Tukey, a 10% de probabilidade de erro. Também foi feita a análise de regressão e avaliação dos modelos, com base nos testes t e F.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A temperatura média do ar durante o mês de janeiro foi de 21,3°C, oscilando entre 18,1 e 25,4°C e a precipitação pluvial foi de 101,4 milímetros (Figura 1a). Nos dois dias de avaliação não houve precipitação pluvial e a temperatura média do ar foi de 18,9 e 21,1°C, para o dia 11 e 15/01/2013, respectivamente. As condições de temperatura e umidade relativa do ar, radiação solar global e velocidade do vento no momento de coleta das folhas para medição do potencial mínimo da água na folha, podem ser verificadas na Figura 1b.





**Figura 1.** Temperatura média do ar (T) e precipitação pluviométrica (P) diária ocorridas durante o mês de janeiro de 2013 (a) e temperatura do ar (T), radiação solar global (Rg), velocidade do vento (vento) e umidade relativa do ar (UR), ocorridas no momento da coleta das folhas de soja e milho para determinação do potencial mínimo da água na folha, em duas datas de avaliação. Passo Fundo, RS – 2013.

A avaliação do potencial de base e potencial mínimo da água na folha foi realizada de maneira individual para as culturas de soja e milho (Tabelas 1). O potencial de base e o potencial mínimo da soja e do milho apresentam diferença entre os horários de leitura apenas na data de 15/01/2013. Os valores de ambos potenciais no tempo zero na data de 15/01/2013 foram dentro da faixa esperada, tanto para a soja, quanto para o milho (Biachi et al., 2005; Martorano, 2007).

No caso do milho, observou-se que até 90 minutos após a retirada da folha da planta não houve diferença significativa no potencial e base, em relação à leitura feita no tempo zero. Para o potencial mínimo, o limite máximo de tempo foi de 30 minutos, sem que tenha havido perda significativa da condição inicial. Para a soja, devido ao maior coeficiente de variação dos dados, não houve uma resposta clara com relação ao tempo máximo que pode ocorrer entre a retirada da folha da planta e a leitura do potencial de base da água. No caso do potencial mínimo, há indícios de não haver alteração até 150 minutos. No entanto, mesmo apresentando um coeficiente de variação relativamente baixo, há a necessidade de outras avaliações (Tabela 1). Analisando-se em conjunto os valores do potencial de base e mínimo da água na folha da soja e do milho é possível afirmar que a diferença de resposta, provavelmente, seja função das diferenças morfológicas e fisiológicas entre essas espécies, principalmente do tipo de tecido celular e da distribuição vascular.



**Tabela 1.** Potencial de base e potencial mínimo da água na folha (MPa) em duas datas de avaliação em plantas de milho e de soja e parâmetros (Parâm.) da análise de regressão, em função do tempo após a retirada da folha da planta. Passo Fundo – RS, 2013.

Tempo (min.)	Potencial da água na folha/Data de avaliação/Espécie							
	Potencial de base				Potencial mínimo			
	11/01/2013		15/01/2013		11/01/2013		15/01/2013	
	Soja	Milho	Soja	Milho	Soja	Milho	Soja	Milho
00	-0,73 a	-0,64 a	-0,74 ab	-0,55 a	-1,67 a	-0,93 a	-0,98 a	-0,73 a
30	-0,75 a	-0,56 a	-0,93 ab	-0,60 ab	-0,99 a	-1,09 a	-1,10 ab	-0,79 ab
60	-0,65 a	-0,53 a	-0,66 a	-0,58 ab	-1,16 a	-0,90 a	-1,19 ab	-0,94 cd
90	-0,81 a	-0,60 a	-0,73 ab	-0,66 abc	-1,21 a	-0,98 a	-1,18 ab	-0,91 bc
120	-0,60 a	-0,53 a	-0,81 ab	-0,75 bcd	-1,45 a	-1,20 a	-1,11 ab	-0,96 cd
150	-0,58 a	-0,46 a	-0,94 ab	-0,81 cde	-1,68 a	-1,19 a	-1,13 ab	-0,91 bc
180	-0,58 a	-0,45 a	-1,03 ab	-0,93 de	-1,68 a	-1,13 a	-1,32 b	-1,05 de
210	-0,58 a	-0,49 a	-1,25 b	-0,96 e	-1,98 a	-1,18 a	-1,35 b	-1,11 e
240	-0,78 a	-0,39 a	-1,10 b	-1,00 e	-1,85 a	-1,07 a	-1,28 ab	-1,14 e
CV %	18,5	23,8	23,4	11,7	28,5	17,6	10,9	6,4
Parâm.	Análise de regressão							
P > F	0,401	0,001	0,011	0,001	0,033	0,091	0,004	0,001
r <sup>2</sup>	0,10	0,79	0,63	0,96	0,50	0,35	0,71	0,89
a	-0,717	-0,619	-0,684	-0,511	-1,171	-0,975	-1,035	-0,762
b	0,001 <sup>ns</sup>	0,001	-0,002	-0,002	-0,003	-0,001	-0,001	-0,002
RMSE	0,098	0,038	0,127	0,037	0,253	0,097	0,069	0,048

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não apresentam diferença significativa pelo teste de Tukey a 10% de probabilidade de erro; <sup>ns</sup> não significativo e demais valores sem “ns” são significativos a 10% pelo teste t; P > F = probabilidade do teste F do modelo; r<sup>2</sup> = coeficiente de determinação; a e b = coeficientes linear e angular da equação de regressão; RMSE = raiz quadrada do erro médio.

Na data de avaliação de 11/01/2013 não houve diferença significativa de potencial de base e de potencial mínimo da água da folha entre os tempos de leitura, para as duas espécies. Nesta data, no horário de coleta das folhas no campo para o potencial de base havia grande quantidade de orvalho formado sobre as mesmas e as folhas foram acondicionadas nas embalagens plásticas dessa forma, ou seja, sem a retirada do excesso de água sobre as mesmas. A hipótese é que a grande quantidade de água livre dentro da embalagem plástica tenha sido absorvida pelos vasos do pecíolo, com a luminosidade ao nascer do sol. Isso explicaria a resposta observada na análise de regressão, em que, o coeficiente angular foi positivo, indicando aumento de potencial com o passar do tempo. Na data de 15/01/2013 o orvalho presente sobre as folhas foi retirado, com papel absorvente, antes de serem acondicionadas na embalagem plástica. Nesta avaliação, os coeficientes angular e linear da equação de regressão foram negativos, indicando que ocorreu redução do potencial de base da água da folha com o passar do tempo, conforme esperado (Tabela 1).

A resposta para o potencial mínimo da água na folha na avaliação de 11/01/2013 pode ser atribuída às condições de demanda evaporativa da atmosfera mais elevada no momento da coleta das folhas para a determinação o potencial mínimo da água na folha, em relação às condições observadas na data de 15/01/2013 (Figura 1b). Isso pode ser observado pelo





potencial mínimo da água na folha no tempo zero, em que, foi mais elevado para as duas espécies, em relação à data de 15/01/2013. Com isso, é provável que o tempo entre a retirada da folha da planta e a leitura do potencial da água na folha dependa, também, da condição de demanda evaporativa da atmosfera (Figura 1b) e/ou da intensidade do déficit hídrico do solo no momento da coleta da folha, sendo que, quando maior a intensidade destas condições menor deverá ser o tempo disponível para leitura.

A análise de regressão apontou que a relação entre o potencial de base e o potencial mínimo da água na folha, tanto em soja quanto em milho, seguiu relação linear com o horário de leitura. Os modelos lineares e seus coeficientes foram significativos, a exceção para o potencial de base na soja na avaliação de 11/01/2013. O melhor ajuste geralmente ocorreu para o milho, dado pelos maiores coeficientes de determinação e menores erros quadráticos médios, em relação à soja. Provavelmente, grande parte da resposta observada na data de 15/01/2013, pode estar relacionada às diferenças na estrutura foliar e tipos de células entre a soja e o milho, que são espécies de famílias diferentes, ou seja, uma leguminosa e uma gramínea, respectivamente. No entanto, não pode ser descartado o fato que na data de leitura 15/01/2013 as plantas já se encontravam em pequeno período sem chuva (Figura 1a), o que também pode ter interferido na resposta observada.

## CONCLUSÕES

A determinação do potencial da água na folha, tanto de base quanto mínimo, não necessita ser feita imediatamente à retirada da folha da planta, desde que a folha seja acondicionada em recipiente hermético e colocada em ambiente com baixa temperatura do ar. O tempo entre a retirada da folha da planta e a leitura do potencial da água varia conforme a família da espécie avaliada, se gramínea ou leguminosa.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pelas bolsas de Produtividade em Pesquisa (PQ), produtividade em Desenvolvimento Tecnológico e Extensão Inovadora (DT) e Iniciação Científica/PIBIC.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

STRECK, E.V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R.S.D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P.C. do; SCHNEIDER, P.; GIASSON, E.; PINTO, L.F.S. **Solos do Rio Grande do Sul**. 2ed. Porto Alegre: EMATER/RS, 2008. 222p.

BIANCHI, C. A. M.; BERGONCI, J. I.; BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A. Ajuste osmótico em milho cultivado em diferentes sistemas de manejo de solo e disponibilidade hídrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, n.7, p.645-651, 2005.

MARTORANO, L. G. Padrões de resposta da soja a condições hídricas do sistema solo-planta-atmosfera, observados no campo e simulados no sistema de suporte à decisão DSSAT. Porto Alegre: UFRGS, 2007, 151p. Tese Doutorado.

