

Procedimento para a medição do potencial hídrico foliar em cafeeiro usando psicrômetro de termopar

Procedure for measuring leaf water potential in coffee using a thermocouple psychrometer

Procedimiento para medir el potencial hídrico foliar en café utilizando un psicrómetro de termopar

Erika Andressa Silva¹, Pedro Antônio Namorato Benevenuto², Mariany Isabela Soares Domingues²

¹Universidade do Estado de Minas Gerais, Unidade Acadêmica de Passos, Passos, MG, Brasil.

²Departamento de Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, Brasil.

RESUMO

Introdução: O psicrômetro de termopar (WP4-T) é um equipamento que pode ser utilizado para mensuração do potencial hídrico foliar (PHF). De acordo com a metodologia sugerida pelo fabricante para medir PHF deve-se realizar o procedimento de lixamento da face abaxial da folha, visando à remoção da cutícula e exposição dos estômatos. Ademais, há evidências de que coberturas sintéticas ou vegetais sobre o solo podem influenciar os PHF.

Objetivo: Verificar a influência do procedimento de lixamento e o efeito da cobertura do solo nas leituras do PHF.

Métodos: As folhas de cafeeiro foram coletadas em área experimental contendo três tratamentos sendo: cobertura do solo na linha do cafeeiro com plástico branco (Pb); cobertura do solo na linha com restos de braquiária proveniente de cortes periódicos na entrelinha (Bq), e cobertura do solo na linha com restos de plantas espontâneas das entrelinhas que são roçadas periodicamente – (Pe). Os dados de PHF foram submetidos à análise estatística e as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott (5%).

Resultados: O tempo de obtenção das leituras de potenciais hídricos foliares em WP4-T é reduzido quando as faces abaxiais das folhas recebem o procedimento de lixamento. O procedimento abrasivo com a lixa favorece obtenção de maiores potenciais hídricos foliares. O manejo das linhas de cultivo de cafeeiros com cobertura plástica ou resíduos vegetais provenientes de braquiárias das entrelinhas favoreceu os maiores valores de potenciais hídricos foliares. Portanto, estas coberturas podem ser alternativas para os cafeicultores minimizarem os efeitos nas lavouras cafeeiras do déficit hídrico no solo.

Conclusão: As folhas lixadas apresentaram maiores valores de PHF e verificou-se que os tratamentos Pb e Bq proporcionaram maiores leituras PHF, o que provavelmente está relacionado à maior permanência da água no solo nestes manejos.

Palavras-chave: WP4; Cobertura plástica; *Coffea arabica*.

ABSTRACT

Introduction: The thermocouple psychrometer (WP4-T) is an equipment that can be used to measure leaf water potential (PHF). According to the methodology suggested by the manufacturer to measure PHF, the abaxial surface of the leaf must be sanded, aiming to remove the cuticle and expose the stomata. In addition, there is evidence that synthetic or plant covers on the ground can influence PHFs

Objective: So, the objective of this work was to verify the influence of the sanding procedure and the effect of the ground cover on the PHF readings.

Methods: Coffee leaves were collected in an experimental area containing three treatments, namely: ground cover in the coffee tree line with white plastic (Pb); ground cover in the row with remains of brachiaria from periodic cuts between the rows (Bq), and ground cover in the row with remains of

Correspondência:

Erika Andressa Silva
Universidade do Estado
de Minas Gerais, MG,
Brasil.
Email: erika.silva@uemg.br

weeds from between the rows that are periodically mowed – (Pe). PHF data were submitted to statistical analysis and means were compared using the Scott-Knott test (5%).

Results: The time to obtain readings of leaf water potentials in WP4-T is reduced when the abaxial faces of the leaves receive the sanding procedure. The abrasive procedure with sandpaper favors obtaining greater leaf water potentials. The management of coffee crop lines with plastic cover or plant residues from brachiaria between the lines favored the highest values of leaf water potential. Therefore, these covers can be alternatives for coffee growers to minimize the effects on coffee crops of soil water deficit.

Conclusion: The sanded leaves had higher PHF values and it was found that the Pb and Bq treatments provided higher PHF readings, which is probably related to the greater permanence of water in the soil in these managements.

Keywords: WP4; plastic cover; *Coffea arabica*.

RESUMEN

Introducción: El psicrómetro termopar (WP4-T) es un equipo que se puede utilizar para medir el potencial hídrico foliar (PHF). De acuerdo con la metodología sugerida por el fabricante para medir el PHF, la superficie abaxial de la hoja debe ser lijada, con el objetivo de remover la cutícula y exponer los estomas. Además, existe evidencia de que las cubiertas sintéticas o vegetales en el suelo pueden influir en los PHF.

Objetivo: Verificar la influencia del procedimiento de lijado y el efecto de la cobertura del suelo en las lecturas de PHF.

Métodos: Las hojas de café se colectaron en un área experimental que contenía tres tratamientos, a saber: cobertura del suelo en la línea de cafetos con plástico blanco (Pb); cobertura del suelo en la hilera con restos de brachiaria de cortes periódicos entre las hileras (Bq), y cobertura del suelo en la hilera con restos de malezas entre las hileras que se cortan periódicamente – (Pe). Los datos de PHF se sometieron a análisis estadístico y las medias se compararon mediante la prueba de Scott-Knott (5%).

Resultados: El tiempo para obtener lecturas de potenciales hídricos foliares en WP4-T se reduce cuando las caras abaxiales de las hojas reciben el procedimiento de lijado. El procedimiento abrasivo con lija favorece la obtención de mayores potenciales hídricos foliares. El manejo de líneas de cultivo de café con cobertura plástica o residuos vegetales de brachiaria entre líneas favoreció los valores más altos de potencial hídrico foliar. Por lo tanto, estas cubiertas pueden ser alternativas para que los caficultores minimicen los efectos en los cultivos de café del déficit hídrico del suelo.

Conclusión: Las hojas lijadas presentaron valores de PHF más altos y se encontró que los tratamientos de Pb y Bq proporcionaron lecturas de PHF más altas, lo que probablemente esté relacionado con la mayor permanencia de agua en el suelo en estos manejos.

Palabras-clave: WPU; cubierta de plástico; *Coffea arabica*.

INTRODUÇÃO

O potencial da água na folha (PHF) tem sido bastante utilizado em estudos que envolvam as relações hídricas dos vegetais, representando um bom indicador do estado hídrico da planta, podendo ser utilizado também como critério para irrigação em sistemas de monitoramento (DING et al., 2014; FURLAN et al., 2021).

Cabe salientar que quando o conteúdo de água no solo decresce, os potenciais da água no solo e na folha também decaem, tendo como consequência, o desenvolvimento do déficit hídrico foliar e as perdas de turgescência das células guardas, ocasionando o fechamento estomático (BIANCHI, 2004).

Nesse sentido, o manejo do solo pode causar alterações nas leituras de PHF. A exemplo, as coberturas superficiais do solo, seja com material sintético inorgânico ou restos vegetais, podem auxiliar na conservação da água no solo (BARBOSA, 2018) e proporcionar menor déficit hídrico foliar, por atuarem reduzindo a amplitude de temperatura e, conseqüentemente a evaporação da água do solo (ROCHA et al., 2016; ROSE et al., 2019). Por outro lado, em solo descoberto e com ausência de irrigação, as leituras de PHF podem ser muito negativas pela maior temperatura e maiores taxas de evaporação de água do solo.

Em estudo conduzido nas condições edafoclimáticas da região de Goiânia-GO, Oliveira et al. (2009) verificaram que houve uma dependência entre o potencial hídrico das folhas dos cafeeiros com o potencial matricial do solo nos distintos manejos de irrigação. Outros pesquisadores como Ronchiet al. (2015) avaliaram o potencial hídrico foliar no pré amanhecer nas cultivares Catuaí Vermelho IAC 144 e Bourbon Amarelo J9 submetidas a tratamentos não irrigado, irrigado continuamente e com diferentes períodos de suspensão da irrigação e observaram que o tratamento não irrigado e solo descoberto proporcionou o déficit hídrico mais intenso, com valores mínimos de potencial de água na folha de - 0,59 e -0,82 MPa, para as cultivares Catuaí Vermelho IAC 144 e Bourbon Amarelo J9, respectivamente.

Todavia, as medições do PHF solicitam alguns cuidados, a fim de que os dados obtidos reflitam sobre o verdadeiro estado hídrico da planta. Muitos equipamentos utilizados nas mensurações do PHF, tais como os modelos tradicionais de câmara de Scholander, são instrumentos de difícil manipulação e transporte no campo, além de serem perigosos por causa do cilindro de gás utilizado como fonte de pressão externa (PAVEZ et al., 2011).

O WP4-T registra leituras em Mega Pascal (MPa) em intervalos de cinco minutos. É capaz de mensurar o potencial matricial de 0 a -300 MPa. Apresenta uma precisão de mais ou menos 0,1 MPa para potencial matricial entre 0 a -10 MPa e mais ou menos de 1% para potencial matricial entre -10 a -300 MPa (DECAGON DEVICE, 2000). Além disso, é um instrumento de fácil manutenção, uso e transporte, com simples verificação e calibração.

De acordo com a metodologia sugerida pelo fabricante para medir PHF com WP4-T deve-se realizar o procedimento de lixamento da face abaxial da folha, visando à remoção da cutícula e exposição dos estômatos. Assim, o presente trabalho teve por objetivos verificar a influência do procedimento de lixamento e o efeito da cobertura do solo na obtenção das leituras do PHF.

MÉTODOS

Área experimental e tratamentos

O estudo foi conduzido em área de lavouras cafeeiras, implantadas em Dezembro de 2016, em Latossolo Vermelho Amarelo distrófico textura argilosa (SANTOS et al., 2018). Foi utilizada a cultivar "Mundo Novo 379-19" em espaçamento de 3,6 metros nas entrelinhas de plantio e 0,75 metros entre plantas.

O mulching utilizado consistiu de um filme plástico de polietileno, de dupla face preta e branca, com 1,60 m de largura. Seguindo as recomendações do fabricante foi alocado nas linhas de cafeeiros logo após o plantio, com a parte superior branca voltada para cima e a preta para baixo. Isto porque a parte branca reflete raios solares dispersando calor e a parte preta, por não permitir passagem de luz atua impedindo a emergência de plantas daninhas.

Com relação à braquiária e as plantas espontâneas, estas foram conduzidas num consórcio. A braquiária (*Urochloa decumbens*) foi cultivada nas entrelinhas dos cafeeiros. Foi semeada a lanço, delimitando uma faixa de 1,60 m na entrelinha do cafeeiro, reservando uma distância de 1,0 m da linha de plantio. Utilizou-se 10 kg ha⁻¹ de sementes. Nesse manejo a braquiária foi roçada antes do florescimento e a biomassa disposta nas linhas de cultivo do cafeeiro com auxílio de rastelo.

No consórcio cafeeiro e plantas espontâneas foi realizado o controle das plantas daninhas com roçadora mecânica e os resíduos também foram alocados na linha de plantio com auxílio de rastelo, conforme realizado para os resíduos

vegetais no tratamento com braquiária.

Amostragem das folhas

Experimento 1

Em oito de junho de 2019, às 5 horas da manhã, quando a lavoura estava com 3 anos de idade, foram amostradas folhas do terço médio das plantas de cafeeiro. Em cada um dos 3 blocos dos tratamentos foram coletadas 4 folhas, tendo sido utilizadas 12 folhas para cada tipo de procedimento (1- face abaxial lixada, 2- face abaxial não lixada). Dessa forma, o arranjo experimental consistiu de 3 blocos x 3 coberturas do solo x 2 procedimentos x 4 repetições, totalizando 72 folhas para estudo.

Experimento 2

Nesta fase do estudo, visava-se apenas avaliar a influência da cobertura do solo no potencial hídrico foliar, e, portanto, todas as folhas foram submetidas ao procedimento de lixamento da face abaxial (padrão recomendado pelo fabricante) para posterior determinação do potencial hídrico foliar.

Assim, em oito de julho de 2019, às 5 horas da manhã foi realizada uma nova coleta de folhas em apenas 2 dois blocos de cada tratamento, tendo em vista, que um estava com doença. Portanto, considerando 2 blocos, 3 tratamentos x 4 folhas. Nesta ocasião foram amostradas 24 folhas do terço médio das plantas.

Determinações do potencial hídrico foliar: descrição e calibração do equipamento utilizado

O WP4-T mensura o PHF determinando a umidade relativa do ar acima de uma amostra em uma câmara selada (MARTÍNEZ et al., 2011). Quando a amostra entra em equilíbrio com o vapor, a umidade relativa é determinada a partir do método do ponto de orvalho. Isso envolve esfriar um pequeno espelho até o orvalho começar a se formar. No ponto de orvalho, o WP4-T mede a temperatura do espelho e da amostra dentro de uma faixa de 0,001 °C. Em equilíbrio, o potencial de água do ar na câmara é equivalente ao potencial de água da amostra.

Cabe ressaltar que para atingir a precisão de leituras em $\pm 0,1$ MPa, a diferença entre o ponto de orvalho e a temperatura da amostra deve ter precisão de $\pm 0,005$ °C, o que é mais prontamente alcançado quando as temperaturas da amostra e da câmara são aproximadamente iguais (na faixa de $\pm 0,5$ °C). Para equipamentos WP4, a diferença de temperatura entre a amostra e o bloco deve ser inferior a 0,1°C antes de iniciar as medições dos potenciais de água (DECAGON DEVICE, 2000).

Nesta pesquisa, o instrumento foi calibrado de acordo com os procedimentos sugeridos por Martínez e Cancela (2009), Decagon Device (2000) e Fredlund et al. (2012). Assim, o WP4 foi calibrado com solução KCL (0,5 M).

Para verificar a validade do protocolo de calibração, leituras contínuas da mesma solução de calibração de potencial conhecido (KCL 0,5 M; $\Psi = -2,19$ MPa) foram tomadas. Portanto, iniciaram-se as leituras nas amostras de folhas, quando se obteve três leituras idênticas do padrão de KCL, o que validou a correta calibração do aparelho.

As medições foram feitas em discos de folhas de 1,2 cm de diâmetro (LONDERS et al., 2005). Os discos foram dispostos de forma que o copo de amostra fosse totalmente coberto. As medições foram realizadas sob condições de laboratório em que a temperatura foi fixada em 25 °C. Salienta-se que todas as folhas foram colocadas na gaveta do aparelho na mesma posição: com a face abaxial em

contato com o fundo da gaveta. Os tratamentos consistiram: 1 - face abaxial lixada, 2 - face abaxial não lixada. Primeiramente foi adicionada água destilada nas superfícies das folhas (Figura 1). Em seguida, com auxílio do copo do WP4-T foi dimensionada a área de um círculo foliar a ser cortado com auxílio de tesoura. Posteriormente, quando pertinente, lixou-se a superfície correspondente ao tratamento desejado, e direcionou-se a amostra a gaveta do equipamento para realização das leituras dos potenciais hídricos foliares.

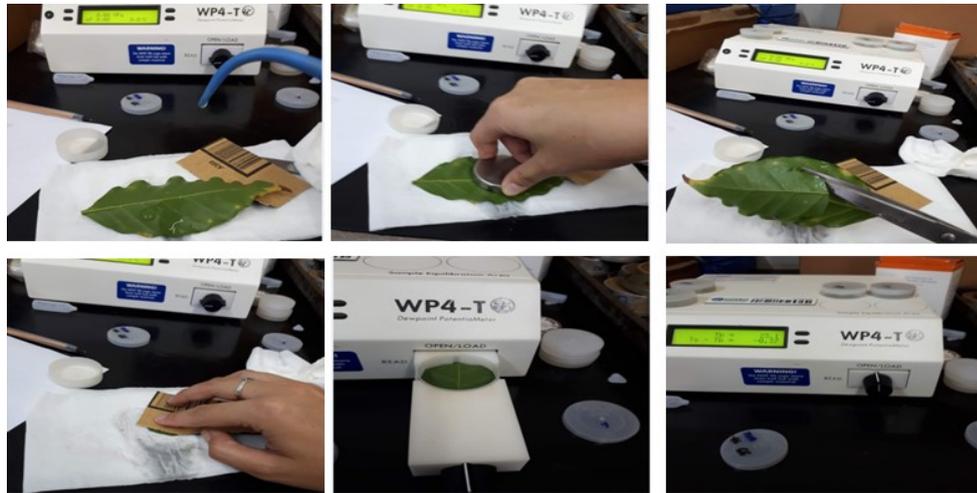


Figura 01: Procedimento para determinação do potencial hídrico foliar em cafeeiros.

Análises estatísticas

Experimento 1

O delineamento experimental seguiu o arranjo em blocos casualizados, esquema fatorial, considerando três blocos, três tratamentos– cobertura do solo na linha com mulching de plástico branco (Pb); 2- cobertura do solo na linha com restos de braquiária proveniente de cortes periódicos na entrelinha (Bq) e 3- cobertura do solo na linha com restos de plantas que crescem nas entrelinhas de plantio e são roçadas periodicamente -convencional (Pe), quatro repetições e 2 procedimentos de preparo das amostras de folhas: 1- face abaxial lixada, 2- face abaxial não lixada.

O tempo decorrido para obtenção das leituras dos PHF em WP4-T das folhas lixadas e não lixadas foi monitorado com auxílio de cronômetro.

Com auxílio do programa Infostat[®], os dados de PHF foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott(5%), considerando a interação tratamentos *versus* procedimentos de determinação do PHF.

Experimento 2

Para análise dos dados foi considerado delineamento inteiramente casualizado com 2 blocos, 3 tratamentos x 4 repetições. Os dados de PHF foram submetidos à ANOVA e quando pertinente, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo Teste de Scott-Knott (5%) com auxílio do programa Infostat[®].

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste trabalho verificou-se que independente da cobertura sobre o solo, o procedimento de lixar as faces abaxiais das folhas de cafeeiro resultou em maiores valores de PHF (Tabela 1). Portanto, os resultados desta pesquisa corroboram com os ensaios realizados pelo fabricante (DECAGON DEVICE, 2000).

Tabela 01: Potencial hídrico foliar em cafeeiros em função do tipo de procedimento adotado no preparo das folhas e de distintas coberturas de solo na linha de cultivo.

Tipo de procedimento	Coberturas do Solo		
	Pe	Pb	Bq
Sem lixa	-4,34B b	-3,1 B a	-4,44Bb
Com lixa	-2,92 A b	-2,30A a	-2,36A a

Obs.: Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (5%). Linha de cultivo com Pe: plantas espontâneas, Pb: plástico branco, Bq: resíduos de braquiária.

Enfatiza-se que as folhas de cafeeiros são hipostomáticas, ou seja, apresentam estômatos apenas nas faces abaxiais (ALVES; LIVRAMENTO, 2003). E a cutícula é uma barreira à difusão da água para a câmara hermeticamente fechada do aparelho. Nesse sentido, o procedimento abrasivo com a lixa, ao retirá-la favorece obtenção de leituras mais precisas, uma vez que na ausência de barreira, a difusão de água das folhas para a câmara se estabelece em fluxo contínuo.

Além disso, as amostras dos tecidos vegetais atingem o equilíbrio necessário no interior da câmara do psicrômetro em menor tempo. Ao monitorar o tempo decorrido, a partir do momento que a amostra é inserida na gaveta do aparelho até obtenção das leituras dos PHF, verificou-se que em folhas lixadas todo procedimento se processa em torno de 7 minutos. Enquanto para folhas não lixadas, o tempo para que as amostras atinjam o equilíbrio necessário pode ultrapassar os 10 minutos. Isto porque a medição do potencial foliar ocorre quando há a uniformização entre a pressão de vapor de saturação da amostra vegetal e a pressão de vapor do ar na câmara de leitura, com esses valores o sistema calcula o potencial através da equação de Kelvin, relacionando uma constante, temperatura da amostra e a massa molecular da água (GRIGOLON, 2013).

Verificou-se que nos ensaios realizados as coberturas nas linhas de cultivo influenciaram os valores de PHF (Tabela 1 e Figura 2), sendo que no procedimento sem lixa verificou-se maiores valores no solo sob cobertura plástica. Ao lixar as faces abaxiais verificaram-se os menores valores de PHF no solo cujas linhas foram cobertas com restos de plantas espontâneas.

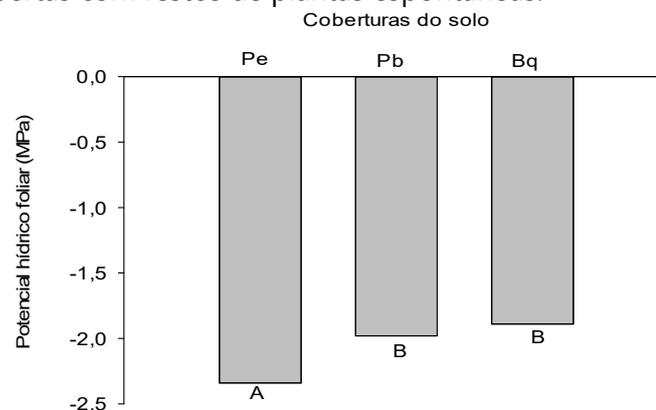


Figura 02: Potencial hídrico foliar em cafeeiros em função das distintas coberturas de solo na linha de cultivo. Obs.: Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott (5%). Linha de cultivo com Pe: plantas espontâneas, Pb: plástico branco, Bq: resíduos de braquiária.

No segundo ensaio, quando as faces abaxiais de todas as folhas foram lixadas, as linhas de cultivo com restos de plantas espontâneas também apresentaram os menores valores de PHF em relação às linhas cobertas com plástico (Pb) e ou braquiária (Bq) (Figura 2).

Enfatiza-se que a cobertura do solo com plástico tem sido utilizada visando otimizar o desempenho agrônômico de diferentes culturas, visto que seu uso diminui a amplitude térmica do solo e reduz a evaporação de água, fazendo com que as áreas permaneçam com a umidade mais constante (BARBOSA, 2018; BARBOSA, 2015), o que pode favorecer os maiores valores de PHF.

Barbosa (2018) demonstrou que a utilização da cobertura plástica na linha de cultivo de cafeeiros aumentou o conteúdo de água de um Argissolo Vermelho-Amarelo com reflexos positivos para o crescimento das plantas (BARBOSA, 2015). Além disso, outros benefícios do Pb podem ser destacados, como controle de ervas daninhas e proteção ao solo dos impactos de gotas de chuva, minimizando processos erosivos (SOUZA et al., 2018).

Por outro lado, a cobertura do solo das linhas de cultivo com os restos vegetais provenientes das entrelinhas, além da manutenção de umidade, exerce papel fundamental na ciclagem de nutrientes, incorporação de matéria orgânica e promoção da diversidade biológica do solo. Mas os benefícios em propriedades físicas, químicas e biológicas do solo são dependentes da quantidade e qualidade da fitomassa produzida nas entrelinhas para ser alocada nas linhas de cultivo (OLIVEIRA et al., 2019).

Neste contexto, cabe destacar que foi possível notar em campo, que as linhas de cultivo que receberam restos de braquiária (Bq), quando comparadas aquelas com restos de plantas espontâneas (Pe), visualmente detinham uma cobertura mais efetiva, em função da grande produção de biomassa das gramíneas. Portanto, a maior quantidade de palhada, certamente resultou na maior conservação de umidade no solo com restos de braquiária que nas linhas com plantas espontâneas, o que refletiu nos valores de PHF (Figura 2).

Ademais, devido a sua capacidade de penetração no solo, as raízes de braquiária conseguem atingir grandes profundidades, buscando os nutrientes nas camadas mais profundas e disponibilizando-os para o cafeeiro por meio da ciclagem de sua palhada. Outro benefício são os poros formados após a degradação das raízes, que serão utilizados para maior infiltração de água no solo, o que é muito desejável (OLIVEIRA et al., 2019).

Quando as folhas foram lixadas os PHF ficaram maiores que -3MPa, valor observado no mês de agosto por Silva et al. (2009) em cafeeiros não irrigados, cultivados num Argissolo Vermelho Eutrófico textura média em Mococa/SP e em Latossolo Vermelho Eutrófico textura muito argilosa na região de Campinas/SP. Em Latossolo Vermelho argiloso em Planaltina DF, Guerra et al. (2005) encontraram valores de PHF de -4 MPa.

Silva et al. (2008), em seu trabalho conduzido em Lavras/MG, observou que uma lavoura com cafeeiros da cultivar Catuaí Vermelho (IAC 44), não irrigado, sob Latossolo Vermelho Distróférrico, apresentou valores de PHF -3,25 MPa em setembro de 2003, o que sinalizou para os autores a necessidade de irrigação. No trabalho destes pesquisadores, também é possível verificar que as lavouras não irrigadas apresentaram valores de potenciais foliares às 12h semelhantes aos encontrados neste estudo para os meses de junho e julho as 5 h da manhã (antemanhã). Entretanto, para este estudo, os valores observados na antemanhã coincidem com a falta de chuvas e as altas temperaturas do ar ocorridas nos meses em que foram realizadas as coletas de folhas para as leituras dos PHF.

Todavia, salienta-se que Silva et al. (2009) e Drinnan e Menzel (1994) verificaram que baixos valores de potencial da água nas folhas (Ψ -2,5 a -2,8 MPa) das plantas não irrigadas podem reduzir significativamente o número de flores, se comparadas às plantas irrigadas, com reflexos na produção final, indicando a necessidade de irrigação para assegurar boa iniciação floral.

Desta forma, verifica-se que nos experimentos 1 e 2, quando as folhas foram lixadas em suas faces abaxiais, somente nas linhas de cultivo com restos de plantas espontâneas (Pe) foram observados valores de PHF em faixa prejudicial a iniciação floral, pois quando o solo das linhas de cultivo foi coberto com plástico ou restos de braquiária não foram observados PHF menores que -2,5 MPa. Nesse sentido, no período avaliado, as coberturas com Pb e Bq podem ter propiciado melhores condições hídricas para o desenvolvimento das plantas.

CONCLUSÃO

O tempo de obtenção das leituras de potenciais hídricos foliares em WP4-T é reduzido quando as faces abaxiais das folhas recebem o procedimento de lixamento.

O procedimento abrasivo com a lixa favorece obtenção de maiores potenciais hídricos foliares.

O manejo das linhas de cultivo de cafeeiros com cobertura plástica ou resíduos vegetais provenientes de braquiárias das entrelinhas favoreceu os maiores valores de potenciais hídricos foliares. Portanto, estas coberturas podem ser alternativas para os cafeicultores minimizarem os efeitos nas lavouras cafeeiras do déficit hídrico no solo.

REFERÊNCIAS

ALVES, J. D.; LIVRAMENTO, D. E. **Morfologia e fisiologia do cafeeiro**. Lavras: UFLA, 2003. 46p.

BARBOSA, S.M. **Condicionamento físico hídrico do solo como potencializador do crescimento inicial do cafeeiro**. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015. 67 p.

BARBOSA, S.M. **Manejo de Cambissolos e Argissolos na implantação de cafeeiros**. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2018. 90p.

BIANCHI, C. A. M. **Avaliação de indicadores da condição hídrica em milho sob diferentes níveis de água, em semeadura direta e Convencional**. Dissertação de M.Sc., Porto Alegre, RS: Universidade Federal do Rio Grande do sul, 2004.

DECAGON DEVICE. **Operator's manual WP4 Dewpoint Potentia Meter**. Decagon Devices, Inc., USA, 70p. 2000.

DING, Y.; ZHANG, Y.; ZHENG, Q.-S.; TYREE, M. T. Pressure-volume curves: revisiting the impact of negative turgor during cell collapse by literature review and simulations of cell micromechanics. **New Phytologist**, v. 203, n. 2, p. 378– 387, 2014.

DRINNAN, J.E.; MENZEL, C.M. Synchronization of anthesis and enhancement of vegetative growth in coffee (*Coffea arabica* L.) following water stress during floral initiation. **Journal of Horticultural Science**, London, v. 69, p. 841-849, 1994.

FURLAN, D. A. ; SOUSA, E.F. ; MENDONÇA, J.C. ; SOUZA, C.L.M ; GOTTARDO, R.D. ; LIMA, R.A.S. Potencial hídrico foliar e desenvolvimento vegetativo do cafeeiro conilon sob diferentes lâminas de irrigação na região de Campos dos Goytacazes – RJ. **Irriga**, Botucatu, v. 26, n. 1, p. 13-28, 2021.

FREDLUND D.G., RAHARDJO H., FREDLUND M.D. **Unsaturated soil mechanics in engineering practice**. John Wiley & Sons, USA. 926 p. 2012.

GRIGOLON, G. B. **Curva de retenção de água no solo determinada a partir de um número mínimo de pares de umidade e tensão na câmara de Richards**. Dissertação (Mestrado em Ciência), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013, 82p.

GUERRA, A. F.; ROCHA, O. C.; RODRIGUES, G. C. Manejo do cafeeiro irrigado no Cerrado com estresse hídrico controlado. **ITEM, Irrigação e Tecnologia Moderna**, Brasília, DF, n. 65/66, p. 42-45, 2005.

LONDERS E., CEUSTERS J., VERVAEKE I., DEROOSE R., DE PROFT M.P. Organic acid analysis and plant water status of two *Aechmea* cultivars grown under greenhouse conditions: implications on leaf quality. **Sci. Hort.**, v.105, p.249-262, 2005.

MARTÍNEZ, E.M.; CANCELA, J.J. Calibración de un medidor de actividad de agua: Punto de marchitamiento permanente. **V Congreso Nacional y II Congreso Ibérico AgroIngeniería**, Lugo (Spain), Sept 28-30, p: 237-238, 2009.

MARTÍNEZ E.M.; CANCELA J.J.; CUESTA T.S.; NEIRA X.X. Review. Use of psychrometers in field measurements of plant material: accuracy and handling difficulties. **Spanish Journal of Agricultural Research**, v.9, 313-328, 2011.

OLIVEIRA, G. C.; SILVA, B. M.; SILVA, E.A.; BARBOSA, S.M.; SERAFIM, M. E.; BENEVENUTE, P. A. N.; SILVA, S. H. G.; MELO, L. B. B. Melhoria físico-hídrica do ambiente radicular do cafeeiro em condições de sequeiro e implicações no uso da água. In: SEVERIANO, E. C.; MORAES, M. F.; PAULA, A. M. (Org.). **Tópicos em Ciência do Solo-Volume X**. 1ed. VIÇOSA: SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIENCIA DO SOLO, 2019, p.70-140.

OLIVEIRA, L.F.C. DE.; OLIVEIRA, R.Z.; CASTRO, T.A.P. Comportamento fisiológico de cafeeiros submetidos a diferentes disponibilidades de água no solo. **Bioscience Journal**, v.25, n.3, p.83-91, 2009.

PAVEZ, R. G.; RODRÍGUEZ, R. C.; MEZA, G. R. Comparación de lacámara de presión tipo Scholander modelo Pump-up respecto a lacámara de presión tradicional en vides de mesa. **Idesia**, v. 29, n. 2, p. 175–179, 2011.

ROCHA, O.C.; RAMOS, M.L.G.; VEIGA, A.D.; GUERRA, A.F.; BARTHOLO, G.F.; RODRIGUES, G.C.; SILVA, J.E. da. Chemical and hydrophysical attributes of an Oxisol under coffee intercropped with *Brachiaria* in the Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 9, p. 1476-1483, 2016.

RONCHI, C.P.; ARAÚJO, F.C. de; ALMEIDA, W.L. de; SILVA, M.A.A. da; MAGALHÃES, C.E. de O.; OLIVEIRA, L.B. de; DRUMOND, L.C.D. Respostas ecofisiológicas de cafeeiros submetidos ao deficit hídrico para concentração da florada no Cerrado de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.50, p.24-32, 2015.

ROSE, T. J.; KEARNEY, L. J.; MORRIS, S.; VAN ZWIETEN, L.; ERLER, D. V. Pinto peanut cover crop nitrogen contributions and potential to mitigate nitrous oxide emissions in subtropical coffee plantations. **Science of The Total Environment**, v.656, p. 108–117, 2019.

SCANLON, B.R.; ANDRASKI, B.J.; BILSKIE J. Miscellaneous methods for measuring matric or water potential. In: Dane J.H., Topp G.C., editors. *Methods of Soil Analysis. Part 4—Physical Methods*. **Soil Science Society of America**, Madison, WI, USA: 2002. pp. 643–669.

SILVA, E.A. da; BRUNINI, O.; SAKAI, E.; ARRUDA, F.B.; PIRES, R.C. de M. Influência de déficits hídricos controlados na uniformização do florescimento e produção do cafeeiro em três diferentes condições edafoclimáticas do Estado de São Paulo. **Bragantia**, v.68, p.493-501, 2009.

SILVA, A. C. SILVA, A.; SILVA, A. M.; COELHO, G.; REZENDE, F.; SATO, F. A. Produtividade e potencial hídrico foliar do cafeeiro Catuaí, em função da época de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, p.21–25, 2008.

SOUZA, L. A.; SILVA, E. A.; OLIVEIRA, G. C.; BARBOSA, S. M.; SILVA, B.M. Análise qualitativa e quantitativa de agregados de sob filme plástico associado à fertilização organomineral em área cafeeira. **Scientia Agraria**, v. 19, n. 2, p. 142-153, 2018.