

Atributos físico-hídricos e balanço hídrico do solo para mata nativa Ombrófila, sob Latossolo Vermelho-Amarelo, em Telêmaco Borba, Estado do Paraná

Gabriel Democh Goularte⁽¹⁾; Kharyn de Freitas Fezer⁽²⁾; Jorge Luiz Moretti de Souza⁽³⁾; Robson André Armindo⁽³⁾; Paulo Eugênio Pachechenik⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Mestrando em Ciência do Solo, Universidade Federal do Paraná; ⁽²⁾ Professor; Associação Regional das Casas Familiares do Sul do Brasil; Chopinzinho, Paraná; khafezer@gmail.com; ⁽³⁾ Professor; Universidade Federal do Paraná; ⁽⁴⁾ Professor; Pontifícia Universidade Católica do Paraná.

RESUMO: Teve-se por objetivo no presente trabalho caracterizar os atributos físico-hídricos e quantificar os componentes de um balanço hídrico, realizado em uma Floresta Ombrófila Mista sobre Latossolo Vermelho-Amarelo, textura arenosa, em Telêmaco Borba, Estado do Paraná. O experimento foi instalado na Fazenda Monte Alegre, pertencente à empresa *Klabin Florestal*. Foram caracterizados os seguintes atributos físico-hídricos do solo: massa específica, condutividade hidráulica saturada, curva de retenção da água, porosidade de aeração e capacidade de água disponível (CAD). As amostras indeformadas e deformadas de solo foram retiradas em cinco profundidades, sendo a primeira em trincheiras e a segunda em oito pontos dentro da área experimental. Os valores de umidades do solo (cinco profundidades) e precipitação foram coletados e registrados semanalmente ao longo do ano de 2009. O armazenamento de água no solo foi calculado empregando a regra do trapézio. A drenagem profunda e ascensão capilar foram estimadas com a equação de *Darcy-Buckingham*. Os atributos físicos hídricos do solo avaliados não diferem dos limites considerados adequados para solos de textura arenosa. A floresta nativa não sofreu limitações quanto à aeração ao longo do ano. Nenhum dos meses do ano atingiu o armazenamento no ponto de murcha permanente. A drenagem profunda ficou em $94,9 \text{ mm ano}^{-1}$. A evapotranspiração real (ER) ocorrida no período foi de $1355,9 \text{ mm ano}^{-1}$ ($3,7 \text{ mm dia}^{-1}$).

Termos de indexação: Floresta nativa, relações hídricas, evapotranspiração.

(Hueck, 1972). Neste amplo território, no entanto, entremeiam-se grandes extensões de campo (Rambo, 1942), resultando em uma paisagem típica do Sul do Brasil.

O clima predominante nas regiões dessa formação florestal é marcado por precipitações pluviométricas entre 1.400 e $2.200 \text{ mm ano}^{-1}$, distribuídas sem ocorrência de estação seca. As temperaturas médias mensais são inferiores a 18 °C no período do solstício de verão e inferiores a 15 °C no período do solstício de inverno. A média das temperaturas mínimas é inferior a 10 °C e as mínimas absolutas variam de $-2,1 \text{ °C}$ a -10 °C (Backes, 1999).

Existem poucos trabalhos realizados nos Estados do Rio Grande do Sul (Backes, 1973) e Paraná (Seitz, 1976) que determinam características físico-hídricas dos solos sob florestas Ombrófilas Mistas. Esse fato causa preocupação, pois o conhecimento dos atributos físico-hídricos é importante principalmente na comparação com sistemas que se encontram degradados pela ação do homem.

A substituição de florestas por sistemas agrícolas, por exemplo, modificam drasticamente as características pedológicas, promovendo a deterioração de suas propriedades físicas, como a porosidade e massa específica (Coote & Ramsey, 1983) cuja intensidade varia com a natureza do solo, condições de clima, uso e manejo adotados (Godefroy & Jacquin, 1975).

Nesse contexto, teve-se por objetivo no presente trabalho caracterizar os atributos físico-hídricos e as relações hídricas de um Latossolo Vermelho-Amarelo, sob Floresta Ombrófila Mista, na região de Telêmaco Borda, Estado do Paraná.

INTRODUÇÃO

A Floresta Ombrófila Mista pertence ao Bioma Mata Atlântica e, em sua maior parte, esta inserida sobre o Planalto Meridional do Brasil, nos Estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná. Uma pequena parte avança para o interior da província de *Misiones*, na Argentina. Para o leste, limita-se aproximadamente pelo divisor de águas das Serras do Mar e Geral

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados de campo foram coletados no ano 2009 (Pachechenik, 2010), em um experimento realizado na Fazenda Monte Alegre, pertencente à empresa *Klabin Florestal*, localizada na região de Telêmaco Borba, Paraná, nas coordenadas $24^{\circ} 13' 19''$ de latitude Sul e $50^{\circ} 32' 33''$ de longitude Oeste, em uma área de mata nativa em fase avançada de regeneração (Floresta

Ombrófila Mista). O solo do experimento foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo, textura média leve/argila, relevo suave ondulado (EMBRAPA, 2006).

As amostras indeformadas foram coletadas em outubro de 2009, em uma trincheira escavada na área, contendo 1,8 m de profundidade, 1,5 m de largura e 3 m de comprimento. As amostras foram retiradas com auxílio de anéis volumétricos (volume igual a 49,88 cm³), nas profundidades de 0-0,1; 0,1-0,2; 0,2-0,4; 0,4-0,6; 0,6-1,0 m, com três repetições em cada profundidade. A determinação dos atributos físico-hídricos do solo com as amostras indeformadas (massa específica, condutividade hidráulica saturada, curva de retenção da água no solo) foi realizada conforme os procedimentos da EMBRAPA (1997).

As amostras deformadas foram retiradas semanalmente entre os dias 08 de janeiro e 30 de dezembro de 2009, com o auxílio do trado holandês, em oito pontos dentro da área experimental, nas profundidades 0-0,1; 0,1-0,2; 0,2-0,4; 0,4-0,6; 0,6-1,0 m. No laboratório as amostras passaram por determinações de massa do solo úmido e seco, após 24 h, em estufa a 105°C (EMBRAPA, 1997). Os valores de umidade e tensão da água do solo, obtidos para cada profundidade, foram ajustados pelo modelo proposto por Van Genuchten (1980), sendo utilizado o programa *Soil Water Retention Curve* (Dourado Neto et al., 2001).

A estimativa dos valores de condutividade hidráulica não saturada $K(\theta)$ foi realizada com a equação de Mualem (1976), utilizando os parâmetros de regressão obtidos com o modelo de Van Genuchten (1980). A capacidade de água disponível no solo (CAD) foi obtida a partir da umidade volumétrica do solo na capacidade de campo e no ponto de murcha permanente, considerando a profundidade efetiva do sistema radicular do pinus com 1 m.

O cálculo do balanço hídrico do solo visou estimar a evapotranspiração real (ER). Para tanto, foram necessários os dados de: precipitação pluviométrica (P), obtida a partir de pluviômetros instalados na área; armazenamento de água no solo (AL), calculado com a regra do trapézio; e, drenagem profunda (D) e ascensão capilar (AC), estimadas a partir da equação de Darcy-Buckingham.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de massa específica do solo obtidos no experimento ficaram entre 1.033 a 1.422 kg m⁻³, sendo que das cinco camadas avaliadas, apenas a camada de 1,0 m ficou dentro da faixa mencionada por Reichardt & Timm (2004) para solos de textura arenosa, que varia de 1.400 a 1.800 kg m⁻³ (Tabela 1). A macroporosidade do

solo variou de 0,162 a 0,394 m³ m⁻³, com os maiores valores nas camadas superficiais, devido a maior atividade da fauna edáfica e quantidade e diversidade de raízes. A microporosidade variou de 0,231 a 0,302 m³ m⁻³ apresentando maiores valores com o aumento da profundidade. A porosidade total variou de 46,3 a 62,5%, sendo que das cinco camadas estudadas, apenas três (0,2-0,4, 0,4-0,6 e 0,6-1,0 m) se enquadram na faixa considerada adequada por Kiehl (1979). A condutividade hidráulica (K_0) foi considerada alta, provavelmente devido à alta porosidade total do solo. Houve tendência à redução da K_0 com o aumento da profundidade do perfil, o que também foi evidenciado por Dalbianco (2009). Nas camadas superficiais, a maior permeabilidade em superfície geralmente está relacionada com a maior quantidade de matéria orgânica.

Tabela 1 – Massa específica do solo (ρ), microporosidade, macroporosidade, porosidade total (α) e condutividade hidráulica saturada (K_0) de um Latossolo Vermelho-Amarelo sob mata nativa (Floresta Ombrófila Mista), em Telêmaco Borba, PR.

Profundidade (m)	$\rho^{(1)}$ (kg m ⁻³)	Macro poro ----- (m ³ m ⁻³)	Microporo ----- (m ³ m ⁻³)	$\alpha^{(2)}$ -----	$K_0^{(3)}$ (mm dia ⁻¹)
0-0,10	1033	0,39	0,23	0,62	24356
0,1-0,20	1190	0,31	0,27	0,57	11654
0,2-0,40	1243	0,26	0,26	0,52	9568
0,4-0,60	1322	0,23	0,24	0,49	7995
0,6-1,00	1425	0,16	0,30	0,46	2661
CV (%) ⁽⁴⁾	11,82	30,50	10,75	11,8	72,32

⁽¹⁾ Massa específica do solo; ⁽²⁾ Porosidade total; ⁽³⁾ Condutividade hidráulica saturada do solo; ⁽⁴⁾ Coeficiente de Variação.

Com relação à porosidade de aeração (Figura 1) a camada de 0-0,1 m sempre apresentou os maiores valores médios ao longo do ano, devido, provavelmente, à presença do sistema radicular das plantas, proporcionando maior aeração à estruturação ao solo.

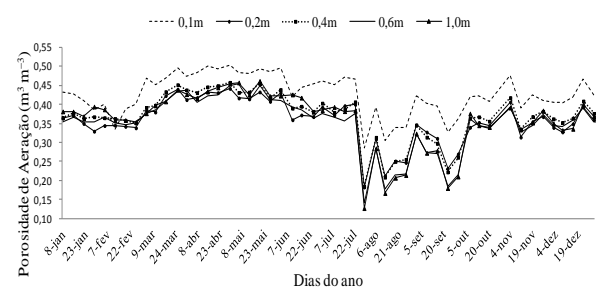


Figura 1 – Porosidade de aeração de um Latossolo Vermelho-Amarelo, ao longo do ano,

sob mata nativa, nas profundidades 0-0,1; 0,1-0,2; 0,2-0,4; 0,4-0,6 e 0,6-1,0 m.

A partir da curva de retenção de água no solo (**Figura 2**), foi observada baixa capacidade de retenção de água, devido ao baixo teor de argila, característica de solos arenosos (**Figura 2**), o que também determinou menor quantidade de água retida entre a capacidade de campo (0,006 MPa) e ponto de murcha permanente (1,5 MPa).

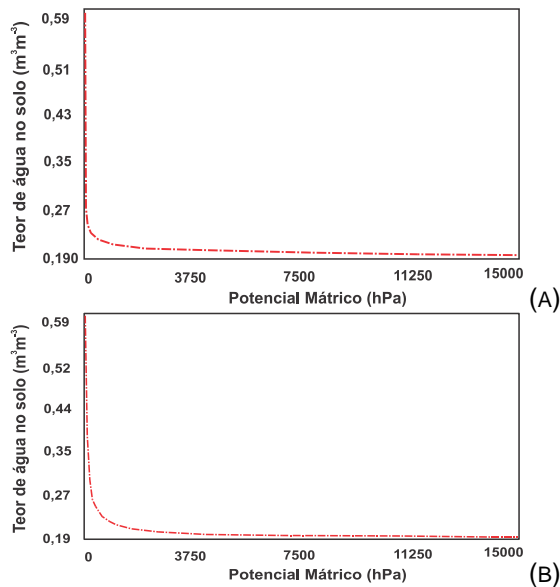


Figura 2 – Curva de retenção da água em um Latosolo Vermelho-Amarelo sob mata nativa (Floresta Ombrófila Mista), em Telêmaco Borba, Estado do Paraná: (a) camada de 0,1 m; (b) camada de 1,0 m.

A partir dos valores de condutividade hidráulica saturada (**Tabela 1**) e dos parâmetros de regressão obtidos com o modelo de Van Genuchten (1980) os valores de condutividade hidráulica não saturada $K(\theta)$ foram estimados com a equação de Mualem (1976) para as cinco profundidades analisadas (**Figura 3**).

O maior conteúdo volumétrico de água disponível no solo ($\theta_{disp} = \theta_{cc} - \theta_{pmp}$) foi verificada na profundidade de 0,6-1,0 m, em média $0,236 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$. Nas profundidades de 0-0,1; 0,1-0,2; 0,2-0,4; 0,4-0,6 e 0,6-1,0 m os valores ficaram próximos, sendo em média 0,163; 0,202; 0,184; 0,184 e $0,236 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, respectivamente.

Os valores de CAD calculados para o solo foram de 16,3; 20,2; 36,8; 36,8 e 94,4 mm, para as camadas de 0-0,1; 0,1-0,2; 0,2-0,4; 0,4-0,6 e 0,6-1,0 m, respectivamente. Assim, a CAD para a camada de 1 m ficou em 204,5 mm. Os valores encontrados estão de acordo com os obtidos em outros trabalhos, contendo Latossolos com texturas arenosa.

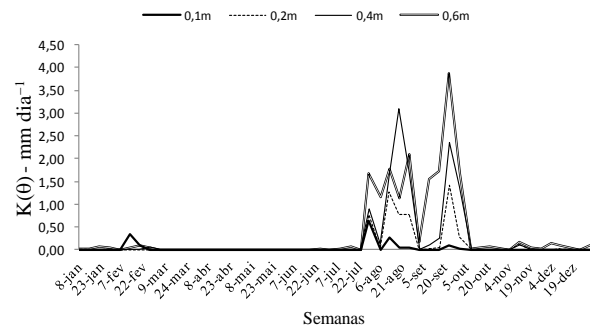


Figura 3 – Condutividade hidráulica não saturada $K(\theta)$, ao longo do ano, nas profundidades 0-0,1; 0,1-0,2; 0,2-0,4; 0,4-0,6 e 0,6-1,0 m, em um Latosolo Vermelho-Amarelo sob mata nativa, em Telêmaco Borba – PR.

Considerando a θ_{cc} , o armazenamento de água no solo na profundidade até 1 m ficou em 270 mm. Os meses de agosto a setembro apresentaram armazenamento acima de 270 mm, devido, provavelmente, aos dias chuvosos que antecederam a amostragem do solo. Considerando a θ_{pmp} o armazenamento ficou em 65,5 mm (**Figura 4**).

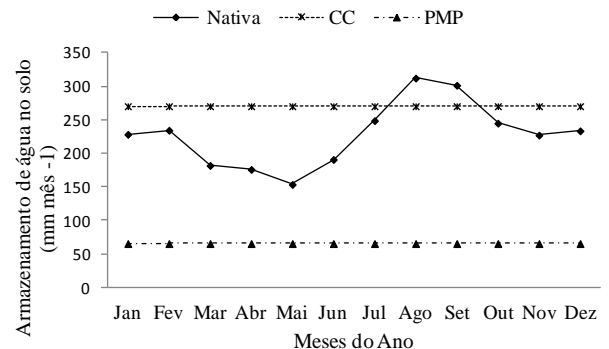


Figura 4 – Armazenamento mensal de água em um Latosolo Vermelho-Amarelo sob floresta nativa, ao longo do ano de 2009, em Telêmaco Borba, PR.

A variação do armazenamento (**Figura 5**) de água no perfil do solo foi positiva em janeiro, maio, junho, julho e dezembro, e negativa em fevereiro, março, abril, agosto, setembro, outubro e novembro. A drenagem profunda foi maior em julho ($30,6 \text{ mm mês}^{-1}$), seguido por outubro ($15,4 \text{ mm mês}^{-1}$) e novembro ($11,3 \text{ mm mês}^{-1}$). O valor total anual da drenagem profunda ficou, em média, em $94,9 \text{ mm ano}^{-1}$ (**Figura 5**).

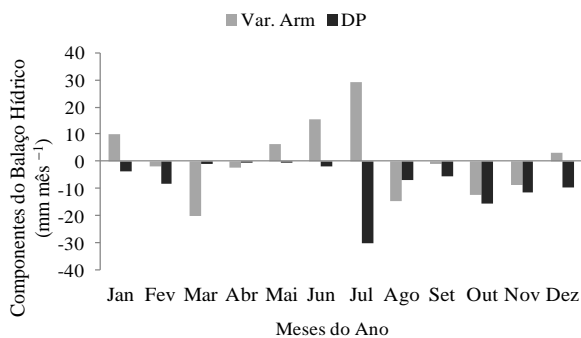


Figura 5 – Variação do armazenamento (Δ_{AL}) e drenagem profunda (DP) verificada em um Latossolo Vermelho-Amarelo sob Floresta Nativa, entre janeiro e dezembro de 2009, na região de Telêmaco Borba, Paraná.

Os maiores valores de ER ocorreram nos meses de fevereiro ($167,5 \text{ mm mês}^{-1}$), julho ($172,2 \text{ mm mês}^{-1}$), setembro ($160,4 \text{ mm mês}^{-1}$), outubro ($182,2 \text{ mm mês}^{-1}$) e dezembro ($159,7 \text{ mm mês}^{-1}$), sendo que, nestes meses, também ocorreram os maiores valores de precipitação pluvial. O valor total anual de ER foi $1355,9 \text{ mm ano}^{-1}$, média de $3,7 \text{ mm dia}^{-1}$.

CONCLUSÕES

Os atributos físicos hídricos do solo avaliado não diferem dos limites considerados adequados para solos de textura arenosa. A floresta nativa não sofreu limitações quanto à aeração ao longo do ano. O armazenamento da água no solo em agosto e setembro ficou acima do valor do armazenamento com a umidade na capacidade de campo. Nenhum dos meses atingiu armazenamento na umidade de ponto de murcha permanente. A drenagem profunda anual foi de $94,9 \text{ mm ano}^{-1}$. O valor da ER foi de $1355,9 \text{ mm ano}^{-1}$ ($3,7 \text{ mm dia}^{-1}$). Os maiores valores de ER ocorrem nos meses mais chuvosos.

AGRADECIMENTOS

À Empresa Klabin Florestal.

REFERÊNCIAS

BACKES, A. Contribuição ao conhecimento da ecologia da mata de araucária. Universidade de São Paulo. São Paulo, 1973. (Tese de Doutorado)

BACKES, A. Condicionamento climático e distribuição geográfica de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze no Brasil - II. Pesquisas, Série Botânica 49: 31-51, 1999.

COOTE, D.R. & RAMSEY, J.F. Quantification of the effects of over 35 years of intensive cultivation on four soils. Journal of Soil Science, 63:1-14, 1983.

DALBIANCO, L. Variabilidade espacial e estimativa da condutividade hidráulica e caracterização físico-hídrica de uma microbacia hidrográfica rural. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2009. 116 p. (Dissertação de Mestrado).

DOURADO NETO, D.; NIELSEN, D. R.; HOPMANS, J. W.; REICHARDT, K. & BACCHI, O.O.S. Software to model soil water retention curves (SWRC, version 2.00). Scientia Agricola, 57: 191-192, 2001.

EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, SNLCS, 1997.

EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2006. 306 p.

GODEFROY, J. & JACQUIN, F. Relation entre la stabilité structurale des sols cultivés et les apports organiques en conditions tropicales; comparasion avec les sols forestiers. Fruits, 30:595-612, 1975.

HUECK, K. As florestas da América do Sul: ecologia, composição e importância econômica. São Paulo: Polígono S.A. 1972. 466p.

KIEHL, E.J. Manual de edafologia. São Paulo: Agronômica Ceres, 1979. 262 p.

MUALEM, Y. A new model for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated porous media. Water Resources Research, 12:513-522, 1976.

PACHECHENIK, P. E. Demanda hídrica em plantio de pinus e em uma floresta nativa, na região de Telêmaco Borba. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2010. 111p. (Tese de Doutorado)

RAMBO, B. A fisionomia do Rio Grande do Sul: ensaio de monografia natural. Porto Alegre: Imprensa Oficial. 1942. 360p.

REICHARDT, K. & TIMM, L.C. Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações. Barueri, SP: Manole, 2004. 478 p.

SEITZ, R.A. Algumas características ecológicas e silviculturais do vassourão-branco (*Piptocarpha angustifolia* Dusén). Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 1976. 114p. (Dissertação de Mestrado)

VAN GENUCHTEN, M. T. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soil. Soil Science Society America Journal, 44:892-898, 1980.