

## Relações Hídricas para Cultura do *Pinus taeda* sobre Latossolo, em Telêmaco Borba, Estado do Paraná

**Kharyn de Freitas Fezer<sup>(1)</sup>; Jorge Luiz Moretti de Souza<sup>(2)</sup>; Paulo Pachechenik<sup>(3)</sup>**

<sup>(1)</sup> Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ciências do Solo; Departamento de Solos e Engenharia Agrícola; Universidade Federal do Paraná (UFPR), Rua dos Funcionários, 1540, Cep 80035-050. Curitiba - PR, khafezer@gmail.com; <sup>(2)</sup> Professor do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola (DSEA), Setor de Ciências Agrárias (SCA), Universidade Federal do Paraná (UFPR); <sup>(3)</sup> Professor, Curso de Agronomia, Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR);

**RESUMO** – O estudo da demanda hídrica em solos sob plantio de florestas exóticas (*Pinus*) pode auxiliar no desenvolvimento de alternativas para o uso racional da água, sem comprometer o equilíbrio ambiental e favorecer a expansão eficiente da atividade florestal. Teve-se como objetivo no presente trabalho determinar e analisar as componentes do balanço hídrico do solo sob diferentes densidades de povoamento de *Pinus taeda*, em Telêmaco Borba - PR. O delineamento experimental foi realizado em blocos ao acaso, com quatro repetições e cinco tratamentos por bloco (densidades de povoamento de pinus), sendo: T0 (sem cobertura - corte raso); T100 (100% de cobertura – plantio padrão); T75 (75% de cobertura); T50 (50% de cobertura); e, T25 (25% de cobertura). Os valores de umidades do solo e precipitação interna foram coletados e registrados semanalmente ao longo do ano. A partir dos dados de umidade do solo, foi calculado o armazenamento de água no solo empregando a regra do trapézio. A drenagem profunda e ascensão capilar foram estimadas com a equação de Darcy-Buckingham. O valor médio de drenagem profunda dos tratamentos ficou em 29,1 mm ano<sup>-1</sup>. A evapotranspiração média dos tratamentos de *Pinus taeda* ficou em 1500 mm ano<sup>-1</sup>. A maior demanda evapotranspirativa ocorreu após a retomada de crescimento da cultura estudada.

**Palavras-chave:** componentes hídricas; balanço hídrico; solo florestal

**INTRODUÇÃO** – O plantio do pinus no Brasil teve início em 1906, com a introdução de espécies do gênero *Pinus* trazidas da Europa (Shimizu, 2004). Os maciços florestais de pinus surgiram no país na década de 60, em decorrência da evolução da estrutura industrial, com o objetivo de atender a demanda das regiões mais desenvolvidas do país com matéria prima para a produção de papel, celulose, chapas, aglomerados, carvão vegetal e móveis (Schumacher et al., 2002). Dentre as espécies trazidas ao país, se destacaram o *P. taeda* e *P. elliottii*, devido ao rápido crescimento e facilidade nos tratamentos culturais (Shimizu, 2004).

Para atender a demanda do mercado, as indústrias necessitavam de mais matéria-prima e, com isso, foi ocorrendo maior adensamento nos plantios comerciais de pinus.

Leite et al. (2006) relatam que o espaçamento é um dos principais fatores que podem afetar a disponibilidade hídrica em um reflorestamento, alterando a atividade fisiológica da planta e, conseqüentemente, o consumo de

água do solo, bem como atuam sobre a interceptação da chuva.

Sendo assim, teve-se como objetivo no presente trabalho determinar e analisar as componentes do balanço hídrico do solo sob diferentes densidades de povoamento de *Pinus taeda*, em Telêmaco Borba - PR.

**MATERIAL E MÉTODOS** – Os dados utilizados no presente trabalho são provenientes de um experimento com *Pinus taeda* realizado na Fazenda Monte Alegre, pertencente à empresa Klabin Florestal, localizada na região de Telêmaco Borba, Paraná. Os dados foram coletados no ano de 2009 (Pachechenik, 2010).

A região está localizada no Segundo Planalto Paranaense e, segundo a classificação de Köppen, apresenta clima tipo Cfa/Cfb (IAPAR, 1994). O solo do experimento foi classificado como Latossolo Vermelho A moderado, textura argilosa, relevo suave ondulado (EMBRAPA, 2006).

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com quatro repetições, sendo os tratamentos: T0 (sem cobertura - corte raso); T100 (100% de cobertura - plantio padrão); T75 (75% de cobertura), T50 (50% de cobertura); e, T25 (25% de cobertura).

As amostras para determinação da umidade gravimétrica do solo foram realizadas semanalmente, entre os dias 08 de janeiro e 30 de dezembro de 2009. As amostras foram retiradas com o auxílio de um trado holandês em cinco profundidades (0-10, 10-20, 20-40, 40-60, 60-100 cm). Para caracterização dos atributos físicos do solo foram abertas duas trincheiras, sendo retiradas amostras indeformadas nas cinco profundidades com o método do anel volumétrico. No laboratório, conforme recomendações de EMBRAPA (1997), foram determinados: umidade gravimétrica do solo; condutividade hidráulica saturada do solo ( $K_o$ ); curva de retenção de água no solo.

Os dados de umidade gravimétrica ( $U$ ) do solo foram transformados em umidade à base de volume ( $\theta$ ). O armazenamento de água no solo ( $A_L$ ) foi calculado empregando a regra do trapézio:

$$A_{Lj} = \theta_{1j} \cdot z_1 + \sum_{i=1}^n \frac{(\theta_{ij} + \theta_{i+1j}) \cdot z_i}{2}$$

Sendo:  $A_{Lj}$  – armazenamento da água no solo na  $j$ -ésima semana do ano (mm);  $\theta_{ij}$  – umidade à base de volume na  $i$ -ésima profundidade do solo e  $j$ -ésima semana (cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup>);  $z_i$  – profundidade do solo (mm);  $j$  – semanas ao longo do ano em

que as amostras foram retiradas (52 semanas);  $i$  – profundidade de coleta das amostras, sendo: 1: 0-10, 2: 10-20, 3: 20-40, 4: 40-60, 5: 60-100 cm.

O cálculo da drenagem profunda ( $DP$ ) e ascensão capilar ( $AC$ ) foram estimados utilizando a equação de Darcy-Buckingham. Os valores de condutividade hidráulica não saturada do solo  $K(\theta)$  foram estimados com a equação de Mualem (1976).

Os valores de precipitação pluvial ( $P$  – mm dia<sup>-1</sup>) foram medidos com pluviômetros instalados dentro e fora da unidade experimental.

A evapotranspiração real ( $ER$ ) foi calculada a partir da seguinte expressão:

$$ER = P - (\Delta A_L) - DP + AC$$

Sendo:  $ER$  – evapotranspiração real (mm período<sup>-1</sup>);  $\Delta A_L$  – armazenamento de água no solo (mm);  $P$  – precipitação pluviométrica (mm período<sup>-1</sup>);  $DP$  – drenagem profunda (mm período<sup>-1</sup>);  $AC$  – ascensão capilar (mm período<sup>-1</sup>).

**RESULTADOS E DISCUSSÃO** – Em relação à precipitação ocorrida na Fazenda Monte Alegre, local do experimento, observou-se a ocorrência de chuvas bem distribuídas ao longo do ano (Figura 1). Porém, a precipitação do ano foi atípica em relação à média histórica da precipitação na região de Telêmaco Borba. Historicamente, janeiro é o mês mais chuvoso na região, mas no presente estudo, outros quatro meses (julho, setembro, outubro e dezembro) apresentaram precipitação superior ao mês de janeiro e à suas médias históricas (Figura 1).

Referente à precipitação interna medida nos tratamentos, observou-se que o tratamento T0 apresentou o maior precipitação (1802 mm ano<sup>-1</sup>). O resultado é consistente, pois não houve interceptação da precipitação pelas folhas e tronco devido à ausência de árvores. Por ter mais árvores, o tratamento T100 apresentou menor precipitação (1532 mm ano<sup>-1</sup>). A precipitação média entre os tratamentos ficou 1616 mm ano<sup>-1</sup> (Figura 1).

A drenagem profunda média dos tratamentos foi maior nos meses de outubro (4,6 mm mês<sup>-1</sup>), julho (4,6 mm mês<sup>-1</sup>) e dezembro (4,0 mm mês<sup>-1</sup>). A maior drenagem profunda média ao longo do ano ocorreu no tratamento T75 (52 mm ano<sup>-1</sup>) e menor drenagem média ocorreu em T25 (1 mm ano<sup>-1</sup>). O valor médio de drenagem dos tratamentos ficou 29,1 mm ano<sup>-1</sup> (Figura 2). Estudos envolvendo drenagem profunda geralmente apresentam resultados bastante variados. Reichardt et al. (1979), verificou drenagem de 307 mm ano<sup>-1</sup> em Latossolo, enquanto Cruz et al. (2005) encontrou valores médios de drenagem de 72,4 mm ano<sup>-1</sup>, em oito meses, para citros cultivado em Latossolo Vermelho

A evapotranspiração real (Figura 3) teve os maiores valores nos meses em que ocorreu maior precipitação de devido à maior evaporação das camadas superficiais concordando com Calvache et al. (1998).

A maior demanda evapotranspirativa ocorreu no mês de setembro, provavelmente devido à retomada de crescimento do *Pinus taeda*.

O tratamento T0 apresentou a maior evapotranspiração ao longo do ano (1693 mm ano<sup>-1</sup>), provavelmente devido ao crescimento de plantas daninhas e crescimento do eucalipto remanescente na área (Figura 3), já que a área permaneceu sem manejo e em condições naturais.

O menor número de árvores por área não promoveu menor  $ER$  nos tratamentos T50 (1448 mm ano<sup>-1</sup>) e T25 (1450 mm ano<sup>-1</sup>), que apresentaram maior demanda que os tratamentos T100 (1420 mm ano<sup>-1</sup>) e T75 (1425 mm ano<sup>-1</sup>) (Figura 3). Resultados semelhantes foram relatados por Van Dijk & Keenan (2007), que encontraram maior demanda evapotranspirativa em uma floresta de pinus após a realização de desbastes. O motivo deveu-se ao maior crescimento das árvores remanescentes, especialmente o Índice de Área Foliar, com a maior disponibilidade de luz e espaço entre as árvores.

O valor médio da  $ER$  ocorrida nos tratamentos foi de 1500 mm ano<sup>-1</sup>, média de 4,1 mm dia<sup>-1</sup>. Estudos realizado com *Pinus taeda* nos EUA, por Ford et al., (2007) e Lu et al., (2003), em clima semelhante ao Sul do Brasil, relatam valores de mesma magnitude aos encontrados no presente trabalho.

As variações do armazenamento de água no perfil do solo, nos cinco tratamentos, acompanharam as variações da precipitação (Figura 4). Os valores médios de variação do armazenamento foram positivos nos meses de janeiro (7,1 mm mês<sup>-1</sup>), maio (8,3mm mês<sup>-1</sup>), junho (7,9mm mês<sup>-1</sup>), julho (6,7mm mês<sup>-1</sup>), setembro (2,6mm mês<sup>-1</sup>), outubro (3,8 mm mês<sup>-1</sup>) e dezembro (1,4 mm mês<sup>-1</sup>), aumento a disponibilidade de água para cultura do pinus. Nos meses de fevereiro (-2,4 mm mês<sup>-1</sup>), março (-11,1 mm mês<sup>-1</sup>), abril (-0,1 mm mês<sup>-1</sup>), agosto (-12,8 mm mês<sup>-1</sup>) e novembro (-3,7 mm mês<sup>-1</sup>) a variação média do armazenamento foram negativas (Figura 4). No entanto, os valores foram baixos (< 11,1 mm mês<sup>-1</sup>), indicando que a cultura não sofreu algum tipo de limitação devido ao estresse hídrico. O tratamento que mais acumulou água no solo foi T50 (12 mm ano<sup>-1</sup>) o que menos acumulou foi o T25 (5 mm ano<sup>-1</sup>) (Figura 4).

**CONCLUSÕES** – A precipitação interna varia entre os tratamentos, sendo que a maior densidade de povoamento refletiu em menor lâmina de água coletada. A menor densidade de povoamento resulta em maior evapotranspiração real, devido ao de crescimento de árvores remanescentes de *Pinus taeda*. Nos meses em que ocorrem maiores valores de precipitação ocorrem os maiores valores de evopatranspiração. As variações do armazenamento de água do solo seguiram as variações da precipitação.

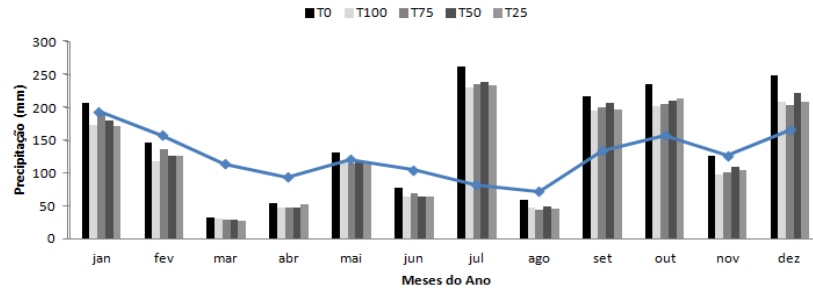
## REFERÊNCIAS

CALVACHE, A.M.; REICHARDT, K.; BACCHI, O.O.S. Efeito de épocas de deficiência hídrica na evapotranspiração atual da cultura do feijão cv. Imbabello. Scientia Agrícola, Piracicaba, v.55, n.3, p.485-497, 1998.

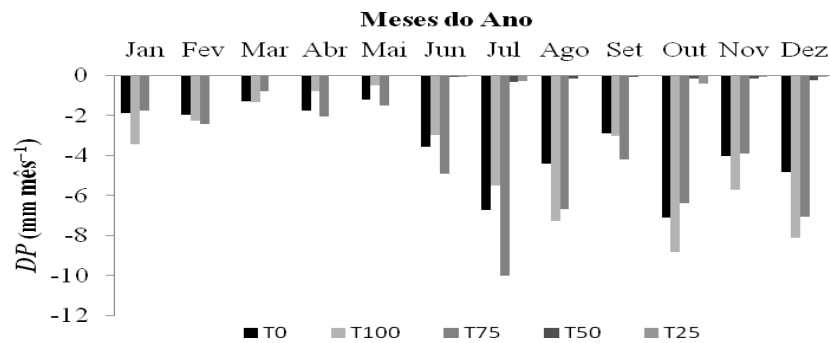
CRUZ, A.C.R.; LIBARDI, P.L.; CARVALHO, L.A. de; ROCHA, G.C. Balanço de água no volume de solo explorado pelo sistema radicular de uma planta de citros. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, 29:1-10, 2005.



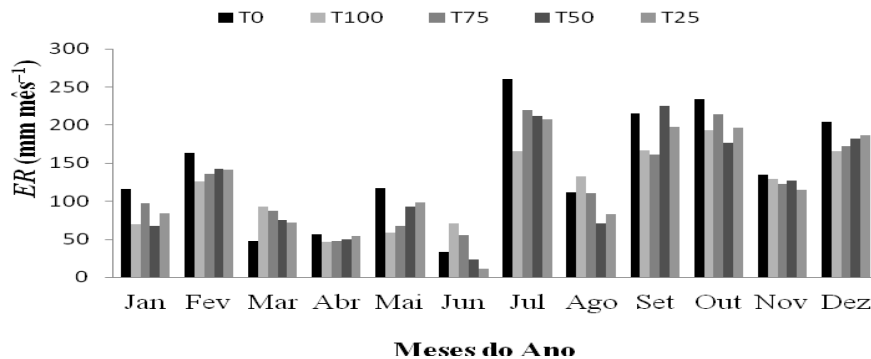
- EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, SNLCS, 1997.
- EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos – Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2006. 306 p.
- FORD, C.R., HUBBARD, R.M., KLOEPEL, B.D., VOSE, J.M., A comparison of sap fluxbased evapotranspiration estimates with catchment-scale water balance. *Agricultural and Forest Meteorology* 145:176–185, 2007.
- INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. Cartas Climáticas do Estado do Paraná, Londrina, 1994. 49 p.
- KASEKER, J.F. Composição química de acículas, serrapilheira, solos rizosférico e não rizosférico e variabilidade espacial em ensaio de omissão de nutrientes em *Pinus taeda* L. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2012. 95p. (Dissertação Mestrado)
- LEITE, H.G.; NOGUEIRA, G.S. & MOREIRA, A.M. Efeito do espaçamento e da idade sobre variáveis de povoamentos de *Pinus taeda* L. *Revista Árvore*, 30:603-612, 2006
- LIBARDI, P.L. Dinâmica da água no solo. 1. ed. Piracicaba: Departamento de Física e Meteorologia (ESALQ/USP). 1995.497p.
- LU, J., SUN, G., AMATYA, D.M., MCNULTY, S.G., Modeling actual evapotranspiration from forested watersheds across the Southeastern United States. *Journal of American Water Resources Association* 39:887–896, 2003.
- MUALLEN, Y.A. A new model for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated porous media. *Water Resources Research*, Washington, v.12, n.3, p.513-522, 1976.
- NUNES, J.S.N.; BATISTA, A.C.; SOARES, R.V.; FIER, I.S.N.; SANTOS, C.C. Climatologia do comportamento da precipitação no distrito florestal de Monte Alegre, PR, Brasil *Revista Floresta* 39:783-792, 2009
- 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 Doutorado)
- REICHARDT, K.; LIBARDI, P.L.; SAUNDERS, L.C.U.; CADIMAZ, A. Dinâmica da água em solo cultivado com milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, 3:1-5, 1979.
- SHIMIZU, J.Y. Pinus na silvicultura brasileira. *Revista da Madeira*, 83:22-28, 2004.
- SCHUMACHER, M. V.; WITSCHORECK, R.; CALDEIRA, M. V. W.; WATZLAWICK, L. F. Estoque de carbono em florestas de *Pinus taeda* L. e *Acacia mearnsii* De Wild. plantadas no estado do Rio Grande do Sul-Brasil. In: SANQUETTA, C. R. et al. (Eds) *As Florestas e o Carbono*. Curitiba: UFPR, 2002.
- VAN DIJK, A.I.J.M. & KEENAN. R.J. Planted forests and water in perspective. *Forest Ecology and Management*, 251:1-9, 2007.



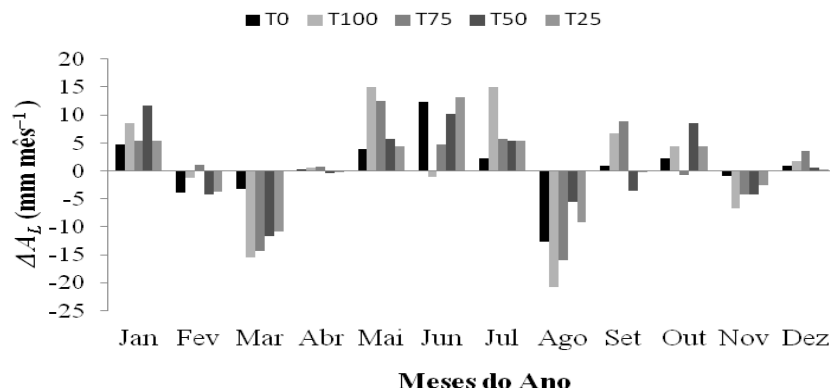
**Figura 1** – Precipitação mensal medida nos tratamento (T0, T100, T75, T50, T25) entre janeiro e dezembro de 2009 e normais climatológicas observadas entre 1947 e 2005, na região de Telêmaco Borba (Nunes et al., 2009).



**Figura 2** – Drenagem profunda ( $DP$ ), estimada com a equação de Darcy-Buckingham nos tratamento (T0, T100, T75, T50, T25), entre janeiro e dezembro de 2009, na região de Telêmaco Borba estado, Paraná.



**Figura 3** – Evapotranspiração real ( $ER$ ) estimada nos tratamento (T0, T100, T75, T50, T25), entre janeiro e dezembro de 2009, na região de Telêmaco Borba, Paraná.



**Figura 4** – Variação do armazenamento de água do solo nos tratamento (T0, T100, T75, T50, T25), entre janeiro e dezembro de 2009, na região de Telêmaco Borba, Paraná.