

REFLORESTAMENTO EM MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS COM VISTAS À RETENÇÃO DE ÁGUA NO SOLO – ESTUDO DE CASO

MAURÍCIO J. BORGES¹, TERESA C.T. PISSARRA², JOÃO A. GALBIATTI³, SERGIO V. VALERI⁴, FLAVIA M. RODRIGUES⁵.

¹ Engº Agrônomo, Doutor em Agronomia (Produção Vegetal) da FCAV/UNESP e Chefe do Departamento de Agricultura e Abastecimento da Prefeitura Municipal Jaboticabal, SP., Travessa Herófilo da Silveira, 70, Jardim São Marcos, Jaboticabal – SP, CEP 14870-000, FONE (016) 3203.3387, e-mail: mjborges@fcav.unesp.br; ² Engª Agrônoma, Profa. Dra., Departamento de Engenharia Rural, FCAV/UNESP, Jaboticabal, SP; ³ Engº Agrônomo, Prof. Titular, Departamento de Engenharia Rural, FCAV/UNESP, Jaboticabal – SP; ⁴ Engº Agrônomo, Prof. Titular, Departamento de Produção Vegetal, FCAV/UNESP, Jaboticabal – SP; ⁵ Engª Agrônoma, Mestranda em Agronomia (Produção Vegetal) da FCAV/UNESP, Jaboticabal – SP.

Escrito para apresentação no
XXXV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola
31 de julho a 04 de agosto de 2006 - João Pessoa - PB

RESUMO: Este trabalho objetivou quantificar o reflorestamento da bacia hidrográfica do Córrego Palmital, Município de Jaboticabal, SP, com vistas à retenção de água no solo. A metodologia utilizada estima a retenção de água em microbacias considerando: o valor médio mundial de destino da água no ciclo hidrológico; os usos/ocupação do solo (floresta, pastagem e agricultura) na bacia; e a estimativa da permeabilidade do solo na bacia. A bacia em estudo apresenta uma área de 10.589,14 ha., sendo 236,14 ha. em floresta, 465,92 ha. em pastagem e 9.206,20 ha. em agricultura. Os valores médios da permeabilidade identificados nos solos foram de 94,81 mm h⁻¹ em floresta (mata); 8,99 mm h⁻¹ em pastagem e 36,01 mm h⁻¹ em agricultura (cana-de-açúcar). Considerou-se: que deveria infiltrar no solo 20,55% da água que precipita sobre a bacia; que a perda de água em florestas é padrão; e que as áreas a serem reflorestadas deveriam substituir áreas de pastagem e agricultura. O volume total estimado para compensar a perda de água em excesso nas áreas de pastagem e agricultura é de 11,80 milhões de m³/ano, sendo necessário o reflorestamento compensatório de uma área de 911,30 ha. para reter este volume, ou seja, 8,87 % da área da bacia.

PALAVRAS-CHAVE: fotointerpretação, permeabilidade do solo, uso/ocupação do solo.

COMPENSATORY REFORESTATION FOR WATER RETENTION IN SOIL OF WATERSHED

ABSTRACT: The management of the country roads contributed for the erosive process, mainly in the areas that the soil was moved by implements from conventional tillage. This work had as objective to quantify the reforestation for water retention in the Palmital Stream watershed, County of Jaboticabal, SP. The methodology esteems the retention of water in watersheds considering the world medium value of destiny of the water in the hydrologic cycle; the use/occupation of the soil (forest, pasture and agriculture); and its permeability. The watershed in this study presents an area of 10,625.21 ha, being 237.75 ha at forest, 467.01 ha in pasture and 9,237.57 ha in agriculture. The medium values of the permeability identified in the soils were of 94.81 mm h⁻¹ in forest; 8.99 mm h⁻¹ in pasture and 36.01 mm h⁻¹ in agriculture (sugar cane). Considering that should infiltrate in the soil 20.55% of the water that precipitates on the watershed, and, that the losses of water in forest areas is considered standard, the total estimated volume to compensate the excessive loss that occur in the areas of pasture and agriculture is 11.80 million of m³/ano. The compensatory forestation to retain that volume of loss should contemplate an area of 911.30 ha (8.87% of the area of the watershed).

KEYWORDS: fotointerpretation, soil permeability, soil use/ occupation.

INTRODUÇÃO: O gerenciamento dos recursos hídricos em bacias hidrográficas é indispensável para o adequado manejo e conservação dos recursos naturais, sem perder o sistema produtivo da bacia. Na condição de importante agente erosivo, a água pode destruir a estrutura do solo, escavar e transportar o material para um relevo mais baixo, sendo afetada por condições de clima, solo, relevo e vegetação. Técnicas de controle devem minimizar o escoamento superficial da água e viabilizar o aumento da cobertura e infiltração da água no solo (CASTRO FILHO, 2002). No manejo integrado da bacia são necessárias a elaboração e a aplicação de diagnósticos que quantificam a retenção de águas pluviais, recuperando as características hídricas dos mananciais (ROCHA & KURTZ, 2001). A obtenção de dados em campo, como medições de infiltração da água em diferentes solos e respectivos usos e ocupação, permite estimar a área de cobertura florestal necessária para compensar as perdas de água por escoamento superficial na bacia hidrográfica (BORGES, 2005). Mapas temáticos com informações de natureza qualitativa e quantitativa, como a morfologia da rede de drenagem e do uso/ocupação do solo, podem ser obtidos de estudos fotointerpretativos da paisagem. Entretanto, a fotointerpretação deve ser parte da investigação global combinada com trabalhos de campo e de laboratório (GARCIA et al., 2001; SIMÕES, 2001; PISSARRA, 2002; PINTO et al., 2004; BORGES, 2005). O presente trabalho foi desenvolvido tendo-se em vista a importância desse tipo de estudo na avaliação do impacto ambiental da agricultura e para melhoria do manejo conservacionista do solo e da água. Este trabalho teve como objetivo quantificar o reflorestamento compensatório com vistas à retenção de água no solo da bacia hidrográfica do Córrego Palmital, Município de Jaboticabal, SP.

MATERIAL E MÉTODOS: A área de estudo compreendeu a bacia hidrográfica do Córrego Palmital, localizada na região nordeste do município de Jaboticabal, região nordeste do Estado de São Paulo. A posição geográfica da bacia é definida pelas latitudes 21°07'23"S e 21°14'24"S e longitudes 48°11'12"WGr. e 48°21'51"WGr. O Córrego Palmital é afluente do Rio Mogi-Guaçu cuja bacia corresponde à 9ª Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo. O clima da região é "Cwa" (classificação Köppen), definido como subtropical mesotérmico, com verão úmido e inverno seco. A formação vegetal primária é do tipo floresta estacional semidecidual tropical e trechos de cerrado, pertencentes ao bioma Floresta Atlântica. As principais unidades de solos da bacia hidrográfica do Córrego Palmital são os Latossolos Vermelhos LV15 e LV45, denominados Latossolo Roxo e Latossolo Vermelho-Escuro, respectivamente. As fotografias aéreas verticais coloridas, interferentes, escala 1:30.000, da coleção aerofotogramétrica de vôos na região de Ribeirão Preto em 2000, pela BASE - Aerofotogrametria e Projetos S/A, foram usadas como material básico. Os estereoscópios de espelho marcas Zeiss e Wild modelo ST4 serviram para a elaboração manual dos mapas da rede de drenagem, do divisor topográfico e do uso/ocupação da bacia. O método do controle radial gráfico foi adotado para o preparo e montagem das fotos. O Sistema de Informação Geográfica (SIG) GeoMedia foi usado para a conversão digital dos mapas elaborados manualmente e para a determinação de áreas e comprimentos. A permeabilidade do solo foi avaliada em quatro tipos de cobertura vegetal presentes em três microbacias de 1ª ordem de magnitude do Córrego Palmital. Os tipos de cobertura vegetal analisada foram: remanescente de floresta natural (floresta), povoamento de eucalipto (eucalipto), pastagem e cultura de cana-de-açúcar (agricultura). Os dados foram analisados estatisticamente com o uso do delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 3x4 (3 microbacias de 1ª ordem x 4 tipos de cobertura vegetal) totalizando 12 áreas de análise. Em cada área foram amostrados cinco pontos aleatórios considerados como repetições. A permeabilidade foi determinada usando-se o permeâmetro de Guelph (REYNOLDS et al., 1992), determinando-se a taxa constante de infiltração de água no solo a 20 cm de profundidade com duas cargas constantes (5 e 10 cm de coluna d'água). Os dados de permeabilidade foram analisados por meio do Teste de Tukey a 5% de probabilidade da análise de variância e comparados entre si pelo Sistema ESTAT – Sistema para Análises Estatísticas, V.2.0. Para estimar a retenção de água no solo da microbacia hidrográfica do Córrego do Palmital foi usada a metodologia Florestamentos Compensatórios para Retenção de Água em Microbacias (FCRAM) proposta por GARCIA et al. (2001). Para o cálculo do volume de água precipitado e destinado à infiltração no solo da bacia, considerou-se: 1) a precipitação média anual da série histórica do período 1971-2000 da Estação Agroclimatológica localizada na FCAV/UNESP, distante a 2 km da área de estudo; 2) a área da bacia calculada por meio do SIG GeoMedia; e 3) o percentual internacional da água do ciclo hidrológico

destinado a infiltração no solo, estimados em 20,55%. Para o cálculo do volume de água perdido (parte dos 20,55% que deveria infiltrar) e das áreas a reflorestar para compensar esta perda na bacia, usou-se como área total o somatório das formações floresta, pastagem e agricultura. Como o solo em floresta, dentre os três usos da terra considerados, é o que possui maior velocidade de infiltração básica, esta perda foi considerada padrão. Os valores das perdas em excesso estão relacionados às áreas de campo e de agricultura, subtraindo-se o valor percentual de suas perdas equivalentes à condição floresta (considerada perda padrão). Com estes valores, foram determinadas as áreas a serem reflorestadas para equilibrar a retenção do volume de água não infiltrado na bacia.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Na Tabela 1 identifica-se que as áreas de remanescentes de floresta natural (fragmentos florestais) ocupam 1,44% da bacia e encontra-se em processos degenerativos e dispersos com abundância de lianas (trepadeiras e cipós), compreendendo, na maioria, fragmentos inferiores a 8,00 ha. Foram encontrados quatro fragmentos com área superior a 8,00 ha e o de maior tamanho apresentou 54,76 ha. A vegetação de pastagem compreende 4,40% da área da bacia, estando associada à distribuição da rede de drenagem e próximas às estruturas sede de propriedade e de confinamento de bovinos. Em uma área de confinamento de bovinos e granja de suínos identificou-se uma área de pastagem com 27,20 ha. A soma das áreas de cana (57,21% da área total), solo exposto (23,53% da área total) e solo com cobertura morta (6,20% da área total) correspondem a 86,94% da área da bacia, o que se assemelham os resultados do uso e ocupação do solo em bacias adjacentes (PISSARRA, 2002). No cálculo do volume de água precipitado perdido e área a reflorestar para compensar a perda em excesso, segundo a metodologia FCRAM (GARCIA et al., 2001), considerou a precipitação de 1.424,6 mm/ano e a área total da bacia de 9.908,25 ha que corresponde à soma das áreas A+B+C. O volume de água precipitado sobre a bacia totaliza 141,15 milhões de m³/ano (9.908,25 ha x 1.424,6 mm/ano), do qual deveria infiltrar 29,00 milhões de m³/ano (20,55%).

TABELA 1. Ocorrências e distribuições dos usos/ocupação dos solos da bacia hidrográfica do Córrego Palmital em Jaboticabal, SP (A = floresta, B = pastagem, C = cultura).

Uso/ocupação do solo	ha	% parcial	% acumulada
Várzea	507,22	4,79	4,79
Fragmento florestal (A)	152,48	1,44	6,23
Eucalipto (A)	83,65	0,79	7,02
Frutífera arbórea	30,71	0,29	7,31
Pastagem com regeneração de herbáceo-arbóreas (B)	15,88	0,15	7,46
Pastagem (B)	450,04	4,25	11,71
Cana-de-açúcar (C)	6058,05	57,21	68,92
Solo com cobertura morta – palha (C)	656,53	6,20	75,12
Solo exposto (C)	2491,62	23,53	98,65
Infraestrutura urbana	22,24	0,21	98,86
Açude/represa	120,72	1,14	100,00
Total	10589,14	100,00	

Os valores médios totais da permeabilidade variaram em relação à cobertura vegetal, sendo identificado 94,81 mm h⁻¹ em floresta, 36,01 mm h⁻¹ em agricultura (cana-de-açúcar), e 8,99 mm h⁻¹ em pastagem. Como a permeabilidade caracteriza a capacidade do solo em infiltrar a água, este parâmetro reflete a relação infiltração/deflúvio e está diretamente relacionado à estrutura do solo, preparo do solo, erosão, aeração e absorção de água. Dentre os três usos da terra considerados (A, B e C), o solo na condição de floresta (A) é o que possui maior velocidade de infiltração básica e menor percentual perdido (32,19%) do volume destinado a infiltração. Considerando a perda padrão como o limite mínimo de perda de água a infiltrar, a perda de água em excesso nas áreas de floresta é considerada nula. As perdas de água em excesso nas áreas de campo e agricultura foram determinadas subtraindo as respectivas perdas padrão de 32,19%, ou seja, em área de pastagem a perda em excesso é 61,38% e em área de agricultura 42,05%. Com o objetivo de reter mais água na bacia usando a água infiltrada e diminuindo as perdas por escoamento superficial, foi proposto substituir áreas de baixa permeabilidade como pastagem e agricultura por áreas de maior permeabilidade representada pela

floresta, sendo recomendado por SIMÕES (2001) como uma forma de recuperar as áreas marginais aos cursos d'água e por PINTO et al. (2004) nas nascentes. Na metodologia FCRAM, considera-se essas áreas viáveis de alterar o uso/ocupação do solo. Do total de 29,00 milhões de m³ de água de precipitação que deveria infiltrar, 9,10 milhões de m³ correspondem ao volume perdido padrão (32,19%) e 11,80 milhões de m³ corresponde ao volume total perdido em excesso (considerado nulo em floresta, de 0,70 milhões de m³ em pastagem e de 11,10 milhões de m³ em agricultura). O número de horas de precipitação na floresta em um ano (A) é a divisão da precipitação média anual pela infiltração média horária na floresta. O volume precipitado que infiltra na floresta em uma hora em um hectare (B) é a multiplicação da área de um hectare pela infiltração média. A multiplicação (A) por (B) é o volume de água precipitada que infiltra na floresta em um hectare em um ano (C). A divisão do volume perdido em excesso (12,21 milhões de m³) por (C), é a área a reflorestar para compensar as perdas (D). Para compensar eventuais perdas no plantio e manutenção foram acrescentados 10% (E). Assim:

$$A = 1.424,6 \text{ mm/ano} / 94,81 \text{ mm/h} = 15,0258 \text{ h/ano}$$

$$B = 10.000 \text{ m}^2 \times 0,09481 \text{ m/h} = 948,1 \text{ m}^3/\text{h/ha}$$

$$C = 15,0258 \text{ h/ano} \times 948,1 \text{ m}^3/\text{h/ha} = 14.245,96 \text{ m}^3/\text{ha/ano}$$

$$D = 11,80 \text{ milhões de m}^3/\text{ano} / 14.245,96 \text{ m}^3/\text{ha/ano} = 828,30 \text{ ha}$$

$$E = 828,30 \text{ ha} + 83,00 \text{ ha} = 911,30 \text{ ha} = 8,87\% \text{ da área da bacia}$$

Portanto, os reflorestamentos compensatórios para equilibrar a retenção da água perdida em excesso da precipitação na bacia do Córrego Palmital devem contemplar 911,30 ha, ou seja, 8,87% da área da bacia. Estes valores aproximam-se aos identificados por ROCHA & KURTZ (2001) e GARCIA et al. (2001) para a microbacia do Rio Soturno, RS, os quais consideram necessários reflorestar 13,08% da área da microbacia para reter o excesso perdido.

CONCLUSÕES: Concluiu-se que o reflorestamento compensatório para reter 11,80 milhões de m³/ano de perda de água na bacia do Córrego Palmital deve contemplar uma área de 911,30 ha, ou seja, 8,87 % da área da bacia. Esse reflorestamento pode ser feito prioritariamente em área de preservação permanente ou em área para compor parte da reserva legal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BORGES, M.J. **Diagnóstico físico conservacionista na determinação do reflorestamento compensatório para retenção de água em microbacias hidrográficas**. 2005. 123f. Tese (Doutorado em Agronomia - Área de Concentração em Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2005.
- CASTRO FILHO, C. de; COCHRANE, T.A.; CAVIGLIONE, J.H.; NORTON, L.D. Técnicas de controle de erosão e conservação da água. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 16. **Anais...** Cuiabá, 2002. CD-ROM.
- GARCIA, S.M. et al. Metodologia para retenção de água em microbacias hidrográficas - Estudo de caso. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, Aracaju, 2001. **Anais**. Aracaju, 2001. CD-ROM.
- PINTO, L.V.A.; BOTELHO, S.A.; DAVIDE, A.C.; FERREIRA, E. Estudo das nascentes da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG. **Scientia Forestalis**. n.65, p.197-206, 2004.
- PISSARRA, T.C.T. **Análise da bacia hidrográfica do Córrego Rico na subregião de Jaboticabal, SP: comparação entre imagens TM-Landsat 5 e fotografias aéreas verticais**. 2002. 136f. Tese (Doutorado em Agronomia - Área de Concentração em Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2002.
- REYNOLDS, W.D.; VIEIRA, S.R.; TOPP, G.C. An assessment of the single-head analysis for the constant head well permeameter. **Canadian Journal Soil Science**, n.72, p.489-501, 1992.
- ROCHA, J.S.M. da; KURTZ, S.M. de J.M. **Manejo integrado de bacias hidrográficas**. 4 ed. Santa Maria: Edições UFSM CCR/UFSM, 2001. 181p.
- SIMÕES, L.B. **Integração entre um modelo de simulação hidrológica e sistema de informação geográfica na delimitação de zonas tampão ripárias**. 2001. 171p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências Agrônomicas – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.