

MODIFICAÇÕES NA HIDROLOGIA DOS SOLOS DECORRENTES DAS MUDANÇAS NOS TIPOS DE USO: O CASO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO BONFIM, REGIÃO SERRANA DO RIO DE JANEIRO.

Lawal, Sarah¹; Silva, Pamela de Figueiredo Curvelo da²; Santos, Ana Carolina Ferraz dos²; Fernandes, Nelson Ferreira³

A infiltração é um processo natural comumente definido pela entrada em superfície e movimentação de água em superfície para interior do solo (DUNE & LEOPOLD, 1978, HILLEL 1982, REICHARDT, 1987, GARCEZ & ALVAREZ, 1988, LIBARDI 1995, MANNING 1996, dentre outros). Por ser responsável pela recarga dos aquíferos e estocagem da água que é disponibilizada para as plantas, ela é considerada como etapa vital do ciclo hidrológico.

O movimento da água no solo ocorre devido a duas forças principais: gravitacional e mátrica (força em que a água está retida no espaço poroso do solo, tanto maior quanto mais seco estiver o solo), que juntas fornecem o gradiente de potencial total. REICHARDT (1987) e MANNING (1996) dentre outros, explicam que, no início da infiltração, quando o solo está mais seco, o gradiente total é elevado, com atuação principal da força mátrica; ao longo do tempo, a força gravitacional ganha destaque, e o gradiente total é menor em relação ao início do processo. Por isso a infiltração é um processo desacelerado, começando com uma velocidade elevada que vai decaindo com o tempo. Quando atinge um equilíbrio dinâmico, ou seja, a velocidade praticamente não varia com o tempo, é chamada de taxa básica de infiltração – TBI (REICHARDT, 1987).

Alterações e distúrbios nesse processo estão freqüentemente atrelados às bruscas mudanças e superposições de diferentes tipos de uso e cobertura do solo, condicionando desequilíbrios no comportamento hidrológico de determinadas bacias hidrográficas. Esse cenário de degradação tem sido freqüentemente notificado em bacias hidrográficas brasileiras, ampliando assim, a necessidade e o interesse por estudos relacionados ao monitoramento hidrológico.

O conhecimento do processo de infiltração fornece subsídios para um eficiente manejo do solo e da água, dimensionamento de reservatórios, estruturas de controle de erosão e inundação, canais e sistemas de irrigação e drenagem (PRUSKI et al. (2003).

Ensaio *in lócus* da condutividade hidráulica, mensuração da capacidade de infiltração e da taxa básica de infiltração, coleta de amostras indeformadas e deformadas dos solos e ainda análise de dados das estações pluvio-fluviométricas são alguns dos inúmeros meios ou métodos que auxiliam no entendimento dos fluxos de entrada e movimentação da água ao longo do perfil do solo.

Estudos sobre essa temática na literatura conduzem o processo de infiltração especialmente no trato das questões agrícolas otimizando o conhecimento científico para maximizar a produção de alimentos e conservação dos solos, como em ANKENY et al (1990), ROTH (2004) LIPIEC et al (2006), SCHILLING et al (2008) dentre vários outros que estudaram a redução da taxa de infiltração e condução de água e solutos em solos de intensa atividade agrícola. Outros dedicaram seus estudos a perda de solos por processos erosivos e alteração do comportamento hidrológico da bacia, como verificado PHILIP (1991), SOUZA (2003), TIAN (2008), FERNANDEZ (2008). E de forma mais tímida, porém em processo de ascensão, o acompanhamento dos mecanismos de entrada, percolação e retenção da água nos horizontes subseqüentes comparando diferentes tipos de

usos e cobertura do solo CHANG (2003), CEBECAUER (2008), CUO (2008) WEST et all (2008).

Visando entender a resposta hidrológica dos solos em diferentes tipos de uso e cobertura, esse trabalho se fundamenta, de forma preliminar, no estudo hidrológico de uma topossequência selecionada na Bacia do Bonfim, região serrana do Rio de Janeiro, submetida a dois tipos de usos e cobertura distintos, ou seja, agrícola e florestal.

Nessa encosta foram avaliados alguns parâmetros dentre os quais destaca-se, a capacidade de infiltração da água em superfície (TBI), a condutividade hidráulica saturada que obtém dados acerca da permissividade do solo a passagem de água e por fim, análise desse meio poroso através da caracterização das frações granulométricas.

Com isso, espera-se ressaltar a importância do estudo da infiltração amparada na forma como homem vem produzindo e reproduzindo o espaço geográfico e como consequência, vem deixando marcas que são ora reparáveis ora irreparáveis.

ÁREA DE ESTUDO

A vertente escolhida para estudo apresentado está inserida na bacia hidrográfica do Bonfim, localizado na região serrana do Estado do Rio de Janeiro. Esta bacia integra umas das sub-bacias do Piabanha, rio este que corta o município de Petrópolis.

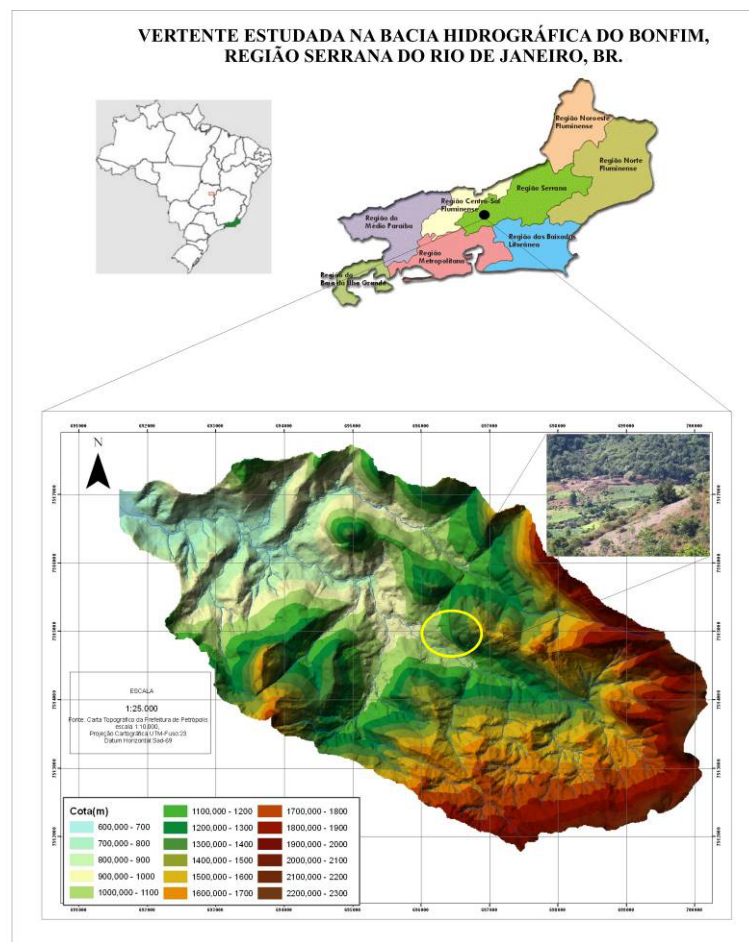


Figura 1: Área de estudo na bacia hidrográfica do Bonfim, RJ. A1 e A2 ensaios em ambientes florestados. B1 ensaios em ambiente agrícola (hortaliças)

Em relação às características ambientais avaliadas na Bacia do Bonfim segundo GOULART (1999), esta se caracteriza por um clima mesotérmico úmido, com chuvas intensas e temperaturas amenas. Os altos índices pluviométricos são encontrados próximos aos divisores de drenagem, sendo estes com média anual de 2000 mm, decrescendo abruptamente no seu terço médio para 1.300 mm podendo atingir 900 mm nos períodos de secas (entre os meses de abril a agosto).

Quanto à geologia local e especificamente na área selecionada, corresponde ao predomínio de rochas da Série Serra dos Órgãos sendo estas Gnaisses Granitóides, passando localmente a tipos Graníticos e ainda, a Migmatitos de modo subordinado. Com topografia bastante acidentada, nota-se a presença de grandes maciços arredondados de rochas aflorantes bem fraturadas, matacões e depósitos de tálus distribuídos ao longo das vertentes e leitos fluviais.

Em relação aos aspectos geomorfológicos e pedológicos típicos de regiões serranas, apresenta-se em zonas montanhosas escarpadas, de declividade acentuada com predomínio de vertentes convexas e retilíneas, como é o caso da localidade onde foram feitos ensaios de Ksat. Seguindo a geologia e a geomorfologia local, os solos tendem-se ao predomínio dos rasos de origem litólica seguido dos intermediários e em menor expressão os mais profundos, como os latossolos.

Em termos gerais, este trabalho integra uma pesquisa que está sendo realizada na bacia hidrográfica do Bonfim a qual, se fundamenta no monitoramento e caracterização hidrológicos sobre os diferentes tipos de uso a fim de entender os processos e a dinâmica hidrológica desses ambientes serranos. A bacia foi selecionada por possuir em seus limites, três tipos de uso e cobertura bem segmentados favorecendo o processo de obtenção de dados de natureza hidrológica. A figura abaixo apresenta o arranjo espacial dos tipos de uso e cobertura na bacia em estudo sendo que, nas cabeceiras de drenagem tem-se o predomínio de cobertura florestal, no curso médio, apresentam-se às atividades agrícolas e alguns pontos de pastagem e, próximo à confluência com o Piabanha, intensa expansão urbana.



Figura 2: Espacialização dos tipos de Cobertura, Uso e Ocupação da Bacia do Bonfim, região Serrana do Rio de Janeiro.

METODOLOGIA

A metodologia utilizada para corresponder o intuito inicial da pesquisa seguiu a estrutura: escolha da vertente, ensaios de campo e análise de solos em laboratório.

Em primeiro momento, foi escolhida uma vertente com características morfopedológicas representáveis aos da bacia do Bonfim. Como foco central é comparar a influência dos usos no processo de infiltração da bacia, escolheram-se dois ambientes distintos seguindo esta topossequência, um de cobertura florestal (Domínio de Mata Atlântica) e outro, agrícola (plantação de couve). Nesses dois ambientes foram selecionados três pontos aleatórios para realização dos ensaios técnicos de infiltração e condutividade hidráulica. A localização desses pontos pode ser conferida na figura 3 a seguir.

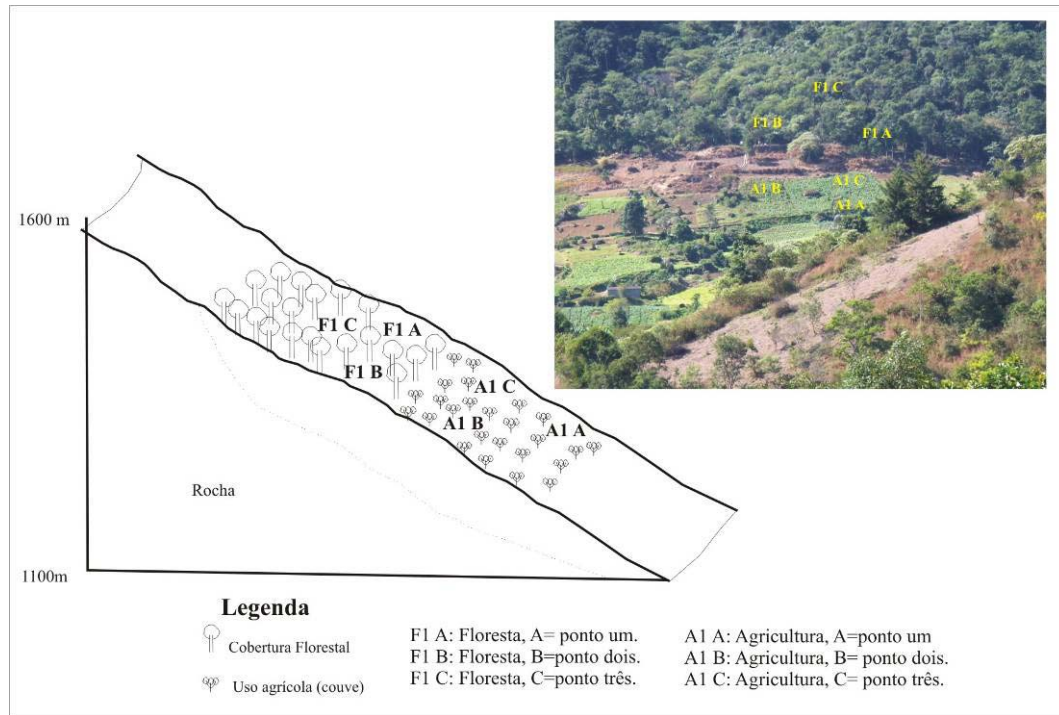


Figura 3: Vertente escolhida para ensaios de campo no estudo da Infiltração.

Em termos de ensaios de campo, o primeiro estudo foi o da infiltração em superfície. Para a determinação da *taxa básica de infiltração* (TBI) utilizou-se o infiltrômetro de anel duplo tendo como foco a análise dos primeiros centímetros do solo. Este instrumento consiste em dois anéis concêntricos, com diâmetros de 20 e 40 cm, cravados na superfície do solo (figura 4). Enquanto no anel externo a água flui em todas as direções (vertical e lateralmente), no anel interno, onde são feitas as leituras, ocorre um fluxo predominantemente vertical, evitando assim superestimativa da taxa de infiltração.



Figura 4: Ensaio de TBI (Taxa Básica de Infiltração), Infiltrômetro de Anel Duplo.

Durante a realização dos ensaios procurou-se manter uma lâmina de água de 5 centímetros em ambos os cilindros, sendo recarregados manualmente. As leituras foram feitas através de uma régua graduada ligada a uma bóia colocada no cilindro interno, em intervalos de tempo que variaram em cada ensaio, de acordo com a velocidade em que a água infiltrava no solo.

Os ensaios foram realizados até que a quantidade de água infiltrada fosse aproximadamente constante com o tempo. Os dados obtidos foram tabulados em uma planilha, para facilitar os cálculos. A taxa básica de infiltração foi obtida através da equação (1):

$$\text{TBI (cm/h)} = \frac{\text{Variação de leitura (cm)} \times 60}{\text{Intervalo de tempo da leitura (min)}} \quad (1)$$

Em subsuperfície, para obter dados acerca da condutividade hidráulica do solo que representa o quanto ele é permissível à passagem de água em ambiente saturado, utilizou-se o Permeômetro de Carga Constante desenvolvido pelo IAC (Instituto Agronomico de Campinas), figura 5.



Figura 5: Ensaio de permeabilidade do solo com do Permeômetro IAC (Instituto Agrônômico de Campinas).

Os ensaios foram realizados sobre um poço aberto com uso de trado tipo caneco nas profundidades de 20 e 50 cm respectivamente. Uma coluna de água de 10 cm de altura foi formada e mantida por principio físico do aparelho (Principio de Mariotte) que tem por finalidade, a saturação dos poros no contato solo-água e a condução da água do instrumento para o interior. Essa condução é registrada em centímetros (cm) a cada tempo determinado pela própria velocidade da infiltração (variável entre 10 segundos a 2 minutos) até atingir um ponto de equilíbrio, fluxo constante saturado por três a quatro repetições.

Com esse valor direto de vazão (Q cm/s) obtêm-se os dados de condutividade hidráulica saturada (K_{sat}) através do uso da equação (2) de ELRICH *et al.* (1989) que no numerador entra com dados da vazão constante e um fator de correção para o diâmetro do poço e a altura da coluna mantida. No denominador três equações simples simbolizam a direção dos fluxos tridimensionalmente levando em consideração, o raio do orifício, o meio poroso e a coluna de água formada.

$$K_{sat} = \frac{CQ}{\left[2\pi H^2 + C\pi a^2 + \left(\frac{2\pi}{\alpha} \right) \right]} \quad (2)$$

Onde,

- K_{sat} = Condutividade Hidráulica saturada (cm/s)
- C = constante de proporcionalidade adimensional
- Q = vazão constante (cm³/s)
- a = raio do furo (cm)
- H = Carga constante aplicada (cm)
- α = parâmetro de correção do meio poroso (cm/s)

E por fim, em relação ao meio poroso do ensaio, observou-se em campo a textura do solo extraído a partir da abertura de poços próprios para os ensaios de permeabilidade. Essa observação orientada seguiu as indicações especificadas em LEMOS & CAMPOS (1994). O material coletado foi acondicionado em sacos plásticos 30 x 25 cm e levados para o Laboratório de Geografia Física do Departamento de Geografia (UFRJ) a fim de analisar (em um segundo momento) as frações granulométricas dos solos estudados. Utilizou-se para essa etapa, o trado tipo caneco de 3” (três polegadas de diâmetro) seguindo as profundidades de 0-10 cm, 10-20 cm e 40-50 cm.

RESULTADOS

Os resultados obtidos tanto da Condutividade Hidráulica Saturada quanto da Taxa Básica de Infiltração foram organizados na tabela 1 a seguir.

Ponto do ensaio	Cobertura e uso do solo	Ksat		Taxa Básica de Infiltração (cm/h)
		(10 ⁻⁶ cm/s) 20 cm	50 cm	
A1-A	Agrícola	5,4	2,2	12
A1-B	Agrícola	1,2	1,2	48
A1-C	Agrícola	1,4	22,0	72
F1-A	Florestal	2,0	2,8	180
F1-B	Florestal	2,0	0,4	144
F1-C	Florestal	27,0	21,4	s/d

Tabela 1: Resultados de Ksat em cm/s (condutividade hidráulica saturada) e TBI em cm/h (Taxa Básica de Infiltração) nos determinados pontos seguindo os dois tipos de uso escolhidos, agricultura e floresta.

Em geral, como observado na tabela, pode-se denotar que tanto a condutividade hidráulica saturada quanto a taxa de infiltração básica são maiores em ambientes florestados. Isso pode ser atribuído, primeiramente, a um sistema radicular mais bem desenvolvido na superfície e associada a significativa serrapilheira (aproximadamente 5 a 7 cm de espessura) em ambientes florestais, que distribuem o fluxo de água que chega nessa região mantendo a umidade do solo nos horizontes subjacentes (COELHO-NETO, 1998). Cabe ressaltar também a existência das biocavidades, como as formadas por formigas e minhocas, como exemplo, que também podem funcionar como fluxos preferenciais, destacado pelo artigo de MORAIS e BACELLAR (2008).

Além disso, a grande quantidade de matéria orgânica fornecida pela mata, ajuda no aumento da macroporosidade da parte mais superficial do solo e na estabilidade dos agregados formados, assim como a cobertura vegetal exerce uma proteção contra o impacto direto das gotas de chuva no solo, resultando em maiores taxas de infiltração.

A influência positiva da cobertura vegetal na capacidade de infiltração dos solos é demonstrada em vários trabalhos como SCHIFF e DREIBELBIS (1949); JORDAN, A. et al. (2008); MORENO-DE LAS HERAS et al. (2009).

A TBI nas áreas de florestas foram de 2 a 15 vezes superiores que nas áreas agrícolas, devido a fatores como os acima mencionados. Os resultados encontrados são similares ao trabalho de YIMER et al (2008), que ao estudar os efeitos na capacidade de infiltração decorrentes da passagem de florestas para áreas cultiváveis na Etiópia, encontraram uma redução de 70% da TIB das áreas agrícolas comparadas às florestais.

ARAÚJO et al. (2007) encontraram uma TBI um pouco mais elevada do que este trabalho para áreas de Cerrado Nativo (204 cm/h), assim como um menor valor para área de produção de grãos (2,1 cm/h). LIPIEC et al. (2006), também para cultivos de grãos em um solo franco-siltoso, encontraram uma TIB de 17 cm/h.

A capacidade de infiltração nas áreas agrícolas apresentou as maiores diferenças entre si. O ponto localizado na parte inferior da encosta (A1 A) é o que possui menor valor de TIB, enquanto os outros dois (A1 B e A1 C), localizados no terço médio da encosta, apresentam valores mais elevados.

Uma possível hipótese para esse resultado, é que a encosta estudada se trata de um colúvio, e logo, apresenta grande heterogeneidade de materiais, influenciando na diversidade dos dados de infiltração. Além disso, com o passar do tempo, o material mais fino tende a ser depositado na parte inferior da encosta. A granulometria mais fina quando não estruturada, pode diminuir a capacidade de infiltração, já que ocorre redução da macroporosidade. Porém, essa hipótese só poderá ser confirmada com a realização da análise granulométrica em laboratório das amostras recolhidas em campo.

Nos resultados de condutividade hidráulica saturada, para as áreas de cobertura vegetal florestal, os pontos F1 B e F 1 C apresentaram valores maiores na profundidade de 20 cm em relação a 50 cm. Já no ponto F1 A observa-se um fluxo quase contínuo, com pequena diferença entre 20 e 50 cm. Isso pode ser justificado pela associação entre a intensa atividade biogênica e frações mais grosseiras (areias finas) do solo.

Na superfície do solo, há uma camada de 7 cm de serrapilheira acumulada e sobre esta camada uma malha de raízes finas que protegem o solo aos impactos diretos da chuva e fluxo de tronco (COELHO-NETO, 1998) distribuindo o fluxo superficial. Nos primeiros 5 cm do solo, encontra-se raízes fasciculares onde os grãos dos solos são fixados formando pequenos grumos que auxiliam a percolação da água dentro do perfil. Cabe ressaltar ainda que, os macroporos são bem visíveis no horizonte superficial facilitando os fluxos preferenciais pela conectividade desses pequenos dutos os quais, também devem ser destacados como fator preponderante nesse ambiente florestado. MESQUITA et al (2004) esclarecem essa relação quando apontam a relação entre a K_{sat} e os atributos físicos do solo em diferentes ambientes, fazendo essa conexão do aumento do fluxo e da formação dos dutos. Um outro estudo, comparativo entre ambientes em recuperação com pousio agrícola de 25 anos e florestas em diferentes estágios sucessionais, mostrou que comparado à floresta em estágio avançado, o pousio conseguiu recuperar as propriedades físicas do solo se assemelhando aos dados obtidos nas florestas de 150 anos. Com isso houve um aumento considerável da permeabilidade e redução do escoamento superficial (JANSEN et al 1987).

Em relação à mudança nos valores de condutividade hidráulica saturada ao longo do perfil na Floresta, observou-se uma queda na fração granulométrica e macroporosidade, a estrutura do solo foi registrada como blocos subangulares. Com a mudança de textura e

estrutura em relação ao perfil, a condutividade é afetada, reduzindo a condução como podemos perceber nos dados de F1 B ($2,0 \times 10^{-6}$ cm/s para $0,4 \times 10^{-6}$ cm/s) WU, L. et al (1993) BEVEN et al (1982) e MESQUITA (2004) discutem a relação e da condutividade associada à fração granulometria, afirmando a redução dos fluxos em detrimento as frações mais finas, intensificando essa queda quando não estruturados.

Em se tratando dos pontos com presença de agricultura, em geral, a superfície conduz menos que em profundidade. No entanto, na análise dissociada dos pontos, o comportamento deles não seguiu uma regra geral. No A1 A em 20 cm a condutividade foi duas magnitudes maior que em 50 cm. A hipótese para esse dado está ancorada no processo de aragem que a terra passou dias antes e da rebrota da hortaliça. Nos outros dois pontos a hortaliça já estava maior. Também foi observado ambiente mais compactado na profundidade de 20 cm, sugerindo um possível estudo em relação à formação de crosta que dificulta a entrada e percolação da água. A formação de crosta nos solos arados e a sua influencia na condutividade hidráulica e curva de retenção vem sendo investigada por BERTOLINO (2003). Isso pode ser visto com clareza no estudo feito por WEST et all (2008) os quais, simularam em laboratório e averiguaram em campo o efeito da crosta na condutividade hidráulica (K). Nesse experimento e ensaio os autores mediram a condutividade hidráulica nas áreas antes da formação da crosta, na própria crosta e depois dela, verificando um aumento de K em profundidade, ou seja, distante da zona de encrostamento.

Analisando o ponto A1 C, cabe destacar a inversão da condução hidráulica de 20 e 50 cm em relação à floresta, aproximadamente 20 ordens de magnitude de diferença. Enquanto na floresta observou-se maior condução em superfície, nessa mesma profundidade de 20 cm para agricultura foi menor. Dois fatores direcionam a justificativa, o primeiro atrela-se a própria mudança de estrutura, embora tenhamos observado frações finas. A estrutura era em blocos o que favorece o fluxo bidimensional. O segundo fator que pode ser considerado é a presença de matações (tálus) espalhados ao longo da bacia do Bonfim. Esses blocos rochosos e o forte contato solo-rocha na bacia podem gerar áreas de fluxo preferencial através da formação de verdadeiros túneis que conduzem com maior velocidade a água como indica CASTRO JR (1991), e isso pode ser potencializado em ambientes montanhosos e forte declividade, como é o caso da bacia do Bonfim.

CONCLUSÃO

Pode-se concluir com esse estudo preliminar que as mudanças no tipo de uso e cobertura do solo acarretam severas mudanças nas propriedades físicas dos solos dificultando uma das suas maiores funções, a condução de fluxos. A relação entre degradação e falta de manejo adequado é diretamente proporcional à intensidade dos impactos sofridos pelos solos e estes, tornam-se potencialmente mais afetados quando em ambientes serranos (pela própria ação gravitacional). O ambiente florestado possui condições ótimas para conservação e regeneração das propriedades físicas dos solos. A floresta é tida como um ótimo nos estudos que envolvem a infiltração. No entanto, ainda temos que evoluir positivamente na comparação de ambientes florestados e na afirmação do quanto ela é um ótimo para a hidrologia. Também traçamos rumos na comparação de ambientes não somente florestados e com agricultura, mas, também, com pastagem e urbanizados.

Essa bacia hidrográfica do Bonfim é uma bacia experimental no estudo hidrológico e na parametrização e com isso, pretende futuramente, explorar mais pontos extrapoláveis a escala da própria Bacia e também, gerar modelos hidrológicos aplicáveis a ambientes serranos.

Espera-se contribuir não somente com aporte hidrológico e questões metodológicas desse ramo científico, mas, auxiliar nos planos de gestão participativa e ordenamento territorial já que, ela faz parte da área do Parque Nacional da Serra dos Órgãos.

AGRADECIMENTOS

CNPq

Projeto EIBEX – financiamento dos instrumentos e apoio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANKEY, M.D. et al (1990) Characterization of Tillage and Traffic Effects on Unconfined Infiltration Measurements. Soil Science Society of America. 54: 837-840.

ARAÚJO, R. et al. (2007) Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo. R. Bras. Ci. Solo, 31:1099-1108.

BERTOLINO, A.V.F.A. (2004) Influência do Manejo na Hidrologia de Solos Agrícolas em Ambiente Serrano: Paty do Alferes-RJ. PPGG/IGEO, UFRJ, Rio de Janeiro,. (Tese de Doutorado).

BEVEN, K.J., GERMAN, P. (1982) Macropores and Water Flow in Soils. Water Resource Research. 18: 2209-2210.

CASTRO, JR. E. (1991) O papel da Fauna Endopedônica na Estruturação Física do Solo e seu Significado para a Hidrologia de Superfície. IGEO-UFRJ, 150p. (Dissertação de Mestrado)

CHANG, H. (2003) Basin Hydrologic Response to Changes in Climate and Land Use: The Conestoga River Basin, Pennsylvania. Journal Physical Geography, v. 24, 3, p 222-247.

CEBECAUER, T. HOFIERKA, J. (2008). The Consequences of Land-cover Changes on Soil Erosion Distribution in Slovakia. Geomorphology. 98: 187-198.

COELHO-NETO, A.L. (1998) Hidrologia de Encosta na Interfase com a Geomorfologia. In: GUERRA, A.J.T & CUNHA, S.B. Geomorfologia: uma atualização de Bases e Conceitos. 3 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.

CUO, L. et al (2008) The Roles of Roads and Agricultural Land Use in Altering Hydrological Processes in Nam Mae Rim Watershed, Northern Thailand. Hydrological Processes: 22, 4339-4354.

DUNE, T., LEOPOLD, L.B. (1978). Water in Environmental Planning. New York: W.H. Freeman and Company.

ELRICK, D. E. *et al.* (1989) Hydraulic Conductivity Measurements in the Unsaturated Zone Using Improved Well Analyses. Ground Water Monitoring Review. 9:184-193.

FÉRNANDEZ, C. et al (2008) Immediate Effects of Prescribed Burning, Chopping and Clearing on Runoff, Infiltration and Erosion in a Shrub Area in Galicia. Land Degradation and Development. 19:5, 502-512.

GARCEZ, L.N, ALVAREZ, G.A. (1988) Hidrologia. São Paulo: Edgard Blücher.

- GOULART, D.R. Diagnóstico de Susceptibilidade à Erosão dos Solos da Bacia Hidrografia de Bonfim – Correas Petrópolis/RJ. PPGG/IGEO. UFRJ, 1999. (Dissertação de Mestrado)
- HILLEL, D. Introduction to soil physics. San Diego: Academic Press, INC, 1982.
- JANSEN, R.C. et al (1997). Variação da Permeabilidade do Solo em Diferentes Estágios Sucessionais de Mata Atlântica na Ilha Grande, RJ. VII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, v. 2 (CD-Rom)
- JORDAN, A. et al. (2008) Heterogeneity in soil hydrological response from different land cover types in southern Spain, Catena: 74, 2, 137-143.
- YIMER, F., MESSING, I., et al. (2008) Effects of different land use types on infiltration capacity in a catchment in the highlands of Ethiopia. Soil Use and Management. 24 (4): 344-349.
- LEMOS, R.C., SANTOS, R.D. (1994) Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo. 2 ed. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo.
- LIPIEC, J., J. KÚS, *et al.* (2006) Soil porosity and water infiltration as influenced by tillage methods. Soil & Tillage Research, v.89, p.210-220.
- MANNING, J.C. (1996) Applied Principles of Hydrology. 2 ed. Macmillan Published
- MESQUITA, M.G.B.F., MORAES, S.O. A Dependência entre a Condutividade Hidráulica Saturada e Atributos Físicos do Solo. Ciência Rural, 34: (3), 963-969.
- MORAIS, F., BACELLAR, L.A.P. Uso de traçadores na avaliação da infiltração em solos de áreas gnáissicas do Complexo do Baçõ, MG. Revista Brasileira de Geomorfologia – v.9, n.2, p.83-92, 2008.
- MORENO-DE LAS HERAS, M., et al. (2008) Effect of vegetation cover on the hydrology of reclaimed mining soils under Mediterranean-Continental climate. Ecological Engineering. 34: 2, 168-178.
- PRUSKI, F.F., et al. Infiltração da água no solo. Viçosa: Editora UFV, 2003.
- REICHARDT, K. (1987). Água em Sistemas Agrícolas. São Paulo: Manole.
- ROTH, C. H. (2004) A framework relating soil surface condition to infiltration and sediment and nutrient mobilization in grazed rangelands of Northeastern Queensland, Australia. . Earth Surface Processes and Landforms. 29: 1093-1104.
- SCHIFF, L. E. F. R. DREIBELBIS. (1949). Infiltration, soil moisture, and land-use relationships with reference to surface runoff. American Geophysical Union, v.30, n.1, fevereiro-1949, p.75-87.
- SOUZA, A. P. D. (2003) Monitoramento da erosão de solos durante eventos pluviométricos: subsídio à compreensão dos processos erosivos em ambiente agrícola serrano. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 170 p. (dissertação de mestrado)
- STAVI, I. et al (2008). Grazing-induced Spatial Variability of Soil Bulk Density and Content of Moisture, Organic Carbon and Calcium Carbonate in a Semi-arid Rangeland. Catena: 75, 288-296.
- TIAN, D. et al. (2008) Variation in Runoff with Age of Chinese fir Plantations in Central South China. Hydrological Processes. 22:4870-4876.
- WEST, L.T. et (2008) Saturated Hydraulic Conductivity of Soils in the Southern Piedmont of Geogia, USA: Field Evaluation and relation to Horizon and Landscape Properties. Catena: 73, 174-179.

WU, L. et al (1993) Soil-Macropore and Layer Influence on Saturated Hydraulic Conductivity Measured with Borehole Permeameters. Soil Science Society of America Journal. 57: 917-923.