

2.3 Estudo de perdas de água e solo em uma microbacia do Paraíba do Sul

*Marcelo dos Santos Maciel**

*Vicente de Paulo Santos de Oliveira***

1 Introdução

A cada dia que passa torna-se significativa a preocupação mundial de conciliar desenvolvimento sócio-econômico, crescimento demográfico acelerado com padrões aceitáveis de qualidade de água e solo. O aspecto cultural é o grande responsável por padrões de consumo e produção insustentáveis. A política do desperdício e o mau uso indiscriminado de água e solo é uma constante, e o Brasil é um exemplo real desta condição.

Neste contexto, adiciona-se ainda à problemática, de que em torno de 65-70% da água potável utilizada no Brasil e no mundo é direcionada para a agricultura, onde se observa um grande desperdício na prática. Em relação ao papel de destaque que a atividade representa serão discutidos, durante o corrente estudo, técnicas e trabalhos que possam ser realizados a fim de promover a melhor interação produtiva na interface água e solo.

A falta de planejamento em ocupação rural e urbana contribui para o quadro de crise instalado, onde se agravam alguns aspectos: contaminação das águas por efluentes agrícolas, domésticos e industriais não tratados; precariedade no setor de saneamento básico; impermeabilizações do solo; intensificação dos processos erosivos, assoreamentos de cursos hídricos; queimadas indiscriminadas; desmatamentos; a construção de estradas, represas e obras de infra-estrutura sem os cuidados previstos em lei ou sem autorização dos órgãos competentes; e ocupação desordenada de terras rurais e áreas de preservação ambiental.

Diante de todos os efeitos antrópicos¹ impactantes descritos acima, atualmente, a principal causa da degradação das terras e, conseqüentemente, dos cursos hídricos (assoreamento e eutrofização artificial), são os processos erosivos. Estes provocam o desprendimento e arraste das partículas do solo (que envolve também nutrientes, matéria orgânica) pela ação da água e/ou do vento. A erosão dos solos é um processo natural, porém a atividade humana

* Mestrando em Engenharia Ambiental pelo CEFET Campos. Universidade da Tecnologia e do Trabalho, RJ.

** Engenheiro Agrimensor. Coordenador do Núcleo de Pesquisa em Gestão Ambiental (NPGA) do CEFET Campos.

¹ Efeitos causados pelos seres humanos.

é grande potencializadora deste processo pelo uso intensivo, inadequado, associado à ausência de cobertura vegetal no mesmo. Neste estudo será considerada apenas a erosão hídrica, na qual o principal agente é a água da chuva, que provoca umedecimento dos agregados do solo reduzindo suas forças coesivas e, no passar do tempo de exposição, ocorre a desintegração dos agregados em partículas menores, segundo Guerra (1999) e Pruski (2006).

O que é eutrofização artificial?

Tipo de processo de poluição do solo e das águas. O uso exacerbado de fertilizantes nas águas passa a estimular a formação de algas, que eliminam alguns dos seres vivos da água. Essa alga se sedimenta no solo tornando-o improdutivo.

BRAGA, Benedito *et al.* *Introdução à Engenharia Ambiental: o desafio do desenvolvimento sustentável*. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

Apesar de o processo de erosão hídrica ocorrer ao longo do ano, sua percepção sócio-ambiental é restritiva aos períodos rigorosos de chuva (inundações) e estiagem (compactação do solo seco), situação em que são identificados a perda de produtividade do solo e um comprometimento do funcionamento dos rios, fato verificado, por exemplo, entre 2006/2007 na região Norte-Noroeste Fluminense.

Em contrapartida à detecção do risco (dano) ambiental na região, verificou-se a oportunidade de estabelecer um estudo de forma a atender, em médio e longo prazo, ao controle futuro da erosão hídrica nas bacias hidrográficas. Nesta concepção foi identificada uma área sugestiva ao propósito do trabalho: a microbacia de Varre-Sai-RJ (Noroeste Fluminense), pertencente à bacia do Paraíba do Sul.

Diante do desafio de contribuir para o controle da erosão hídrica, este estudo pretende instalar parcelas experimentais de erosão nos diferentes usos observados em Varre-Sai, quantificando a contribuição dos mesmos para a bacia (partículas e nutrientes), com o propósito de possibilitar uma futura extrapolação para outras bacias hidrográficas que apresentem as mesmas características.

A cada momento são desenvolvidas novas pesquisas no Brasil e no mundo, de forma a promover o controle da erosão hídrica e manter-se a produtividade dos solos, para direcionar as práticas de conservação e manejo adequadas à condição local (aspectos edáficos, climáticos, vegetativos associados aos diferentes usos).

Este estudo prévio pretende levantar o máximo de informações de aspectos e técnicas que condicionam a erosão hídrica, principalmente as características edáficas², de forma que a coleta de dados secundários permita um melhor direcionamento da possível aplicação metodológica à região Noroeste Fluminense (Varre-Sai).

Assim, o presente trabalho pretende viabilizar a implantação de parcelas experimentais de perdas de água e solo na microbacia de Varre-Sai, RJ sobre as principais condições de uso identificadas na região: café, eucalipto, mata secundária e pastagem. O estudo utilizará como direcionadores do possível propósito: levantamento científico metodológico-conceitual, visitas técnicas e um histórico das condicionantes investigadas na região.

2 Área de estudo

A área de estudo está localizada no município de Varre-Sai na região Noroeste Fluminense. A microbacia experimental de Varre-Sai é pertencente ao Rio Paraíba do Sul e apresenta uma área de, aproximadamente, 1km² (Figura 1). Esta apresenta relevante importância como divisor de águas da bacia do Paraíba do Sul e Itabapoana, presença de nascentes, e diferentes usos da terra (predominância de pastagens e culturas de café, coexistindo com fragmentos de mata).

A região Norte-Noroeste Fluminense é formada pelo embasamento cristalino constituído por rochas metamórficas de alto grau, de idade pré-cambriana, apresentando gnaisses charnockíticos³ como rochas predominantes, ao lado de rochas metassedimentares⁴ e ortognáissicas⁵.

² Relativo ao solo.

³ Gnaiss Charnockítico: são gnaisses com característica de um charnokito (rochas de granulação grosseira com associada a minerais feldspáticos de coloração escura).

⁴ Rochas Metassedimentares: resultam do metamorfismo (transformação) de uma rocha sedimentar (formada por partículas e/ou compostos Químicos). Exemplo: Ritmito (nome comercial: Ardósia).

⁵ Ortognáisse: são gnaisses originados de rochas graníticas. O prefixo orto indica que é uma rocha metamórfica de origem ígnea.

As Eras Geológicas e o Pré-Cambriano

Uma das primeiras eras geológicas, tem um período de duração de aproximadamente 128 milhões de ano (ver na tabela abaixo). Pré-Cambriano é o período que dá início aos aspectos de relevo da Terra. Nele, acontecem muitas erupções vulcânicas em que o magma se cristalizará criando, assim, a primeira camada de rocha da Terra.

Escala do Tempo Geológico	
Época/ Período	Ma
Holoceno	Atualmente
Pleistoceno	1,8 a 0,01
Plioceno	5,3 a 1,8
Mioceno	24 a 5,3
Oligoceno	33 a 24
Eoceno	54 a 33
Paleoceno	65 a 54
Cretáceo	142 a 65
Jurássico	206 a 142
Triássico	248 a 206
Permiano	290 a 248
Carbonífero	354 a 290
Devoniano	417 a 354
Siluriano	443 a 417
Ordoviciano	495 a 443
Cambriano	545 a 495

Fonte: TEIXEIRA, Wilson *et al.* (Org.). *Decifrando a Terra*. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2003.

As rochas caracterizam-se pela presença de intenso falhamento, causado pelos mesmos eventos tectônicos que condicionaram o curso do Rio Paraíba do Sul e seus afluentes (Graben do Paraíba), segundo Geparmbh (2003 *apud* OTTONI, 2005). A geomorfologia da região e do município de Varre-Sai, RJ, onde se inclui a microbacia experimental, é caracterizada por relevo variando de plano nas baixadas a fortemente ondulado, escarpado e montanhoso.



Figura 1: Localização da área de estudo na bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul

Fonte: Elaboração própria.

Sob o ponto de vista hidrogeológico, ocorrem dois tipos principais de aquíferos subterrâneos na região: (a) poroso – nos depósitos aluvionares⁶ e solos de alteração das rochas; e (b) fissural – nas fraturas das rochas cristalinas. Devido à pequena espessura dos solos e à heterogeneidade dos aluviões, o aquífero fissural torna-se o mais importante aquífero subterrâneo da região, favorecido pela presença de intenso falhamento e fraturamento nas rochas, tornando essas últimas propícias ao armazenamento e percolação de água subterrânea, de acordo com Ottoni (2005).

O clima característico em Varre-Sai é tropical de altitude com verões quentes e úmidos. Este local encontra-se em altitudes entre 500 e 800 metros, detectado por Cezar (2001 *apud* OTTONI, 2005). O total pluviométrico anual do Noroeste Fluminense está em torno de 1.200 mm. As precipitações concentram-se com valores aproximados de 82% do total, no período de outubro a março (período de primavera-verão). Dezembro é considerado o mês mais chuvoso, segundo Cezar (2001 *apud* OTTONI, 2005).

A interferência humana na micro-bacia em estudo é um fator visível. Uma área que por algumas décadas era totalmente dominada pela Mata Atlântica hoje apresenta apenas vestígio desta. Em seu lugar encontra-se eucalipto, cafeicultura, pastagem e uma área de várzea (Figura 2).



Figura 2: Diferentes usos do solo presentes na microbacia experimental de Varre-Sai, RJ
Fonte: Elaboração própria.

⁶ Depósitos Aluvionares: depósito de sedimentos (areia, cascalho e/ou lama), transportados por águas fluviais (BRAGA, Benedito *et al. Introdução à Engenharia Ambiental: o desafio do desenvolvimento sustentável*. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005).

3 Metodologia

Com base no direcionamento promovido pelo levantamento conceitual e metodológico acadêmico foi dado o ponto de partida para a viabilização do estudo na microbacia experimental de Varre-Sai, RJ. Em abril de 2007, foram realizadas visitas técnicas ao potencial local de estudo, nas quais foram identificados os diferentes usos do solo: culturas de café, eucalipto, pastagem e mata secundária. A observação revelou que os mesmos encontram-se dispostos, espacialmente, de forma bem próxima. Além do mais, foi coletada a água do curso do Paraíba do Sul que passa próximo aos locais de estudo na microbacia de Varre-Sai para a determinação de alguns nutrientes (Ca, Cr, K, Na e Fe), por meio do equipamento de absorção atômica, de modo a se ter uma prévia caracterização da condição deste curso hídrico.

Em relação à aplicação da metodologia de perdas de água e solo, no que se envolve o dimensionamento das parcelas experimentais a serem utilizadas, foi escolhido um tamanho de 22 x 3,5 m (Figura 3).



Figura 3: Parcelas Experimentais de Perdas de Solo
Fonte: Vicente Santos.

A mesma representa uma porção significativa de cada área a ser estudada (café, eucalipto, pastagem e mata secundária), o que possibilita economizar recursos e tempo por meio da utilização de uma parcela única (a favor do declive) diante de cada uso do solo. Outra preocupação identificada foi com que material seriam formadas as parcelas. A maioria dos trabalhos apresentados durante este estudo utiliza chapas galvanizadas⁷ (22 x 3,5 cm) para perdas

⁷ A galvanização é um processo para proteção contra corrosão de peças de aço ou ferro fundido, altamente durável e de baixo custo. Quando mergulhados no banho de galvanização, as peças de ferro ou aço são imediatamente molhadas pelo zinco e reagem formando uma camada de liga de ferro e Zinco. Quando a peça é removida do banho, uma porção de Zinco fundido é removida por arraste formando uma camada de zinco sobre as outras de ferro zinco.

de solo e nutrientes, porém como este trabalho pretende-se agregar um outro valor, por meio da determinação de metais (nos quais os agrotóxicos podem ser potenciais fontes para o solo da região). Desta forma, serão montadas todas as parcelas experimentais usando-se a tábua garapa como material.

A declividade variável na região pode representar, também, um potencial risco às previsões de perda de solo, fato que demandará a normalização deste fator entre as diferentes parcelas.

Este estudo pretende utilizar os eventos naturais de chuva; se aguardará, portanto, o potencial período chuvoso que é previsto entre novembro (2007) e fevereiro (2008) na região. O perfil da pluviosidade do período será captado pela estação meteorológica que se encontra próxima ao local de estudo, contribuindo para futuros trabalhos que possam ser desenvolvidos com a utilização de simuladores de chuva, por meio da parceria com outra instituição, a UFV e com a LEAG/UENF.

4 Revisão conceitual

De acordo com estudos anteriores são detectados inúmeros problemas provenientes de processos erosivos em cursos e reservatórios de água (PRUSKI, 2006):

- diminuição da capacidade de armazenamento dos reservatórios devido à sedimentação;
- redução do potencial de geração de energia elétrica;
- elevação dos custos de tratamento da água;
- desequilíbrio do balanço de oxigênio dissolvido na água com prejuízos para o crescimento de espécies aquáticas;
- e aumento dos custos de dragagem dos cursos e reservatórios d'água.

Impactos ambientais causados pela dragagem

Os impactos ambientais associados ao processo de dragagem e de despejo do material dragado podem ser caracterizados por apresentarem efeitos diretos, ou indiretos, sobre *habitats* e organismos, atribuídos a alterações na qualidade da água. Distúrbios físicos, associados à remoção e re-alocação de sedimentos, provocam a destruição de *habitats* bentônicos (*habitats* marinhos do fundo dos oceanos),

Continua

aumentando a mortalidade destes organismos por meio de ferimentos causados por ação mecânica durante a dragagem, ou por asfixia conforme estes são sugados pela draga. Quanto ao efeito indireto, a ressuspensão do sedimento de fundo remobiliza contaminantes e nutrientes afetando a qualidade da água e a química global do estuário.

De acordo com Davis *et al.* (1990) e Bray *et al.* (1997), estes impactos podem ser divididos nas seguintes categorias:

- dispersão e deposição de sedimentos ressuspensos;
- resultados da alteração batimétrica (da profundidade dos oceanos);
- efeitos de mudanças na configuração de linha da costa;
- perda de *habitats* de fundo e recursos pesqueiros;
- ruído gerado pelas dragas em operação.

Fonte: <http://www.portogente.com.br/portopedia/texto.php?cod=184>. Acesso em: 22 nov. 2007.

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P \quad (1)$$

A = perdas de solo por erosão hídrica, em t/ha/ano;

R = fator chuva;

K = fator erodibilidade do solo;

L = fator comprimento do declive;

S = fator grau do declive (declividade)

C = fator manejo e cobertura vegetal;

P = fator práticas conservacionistas

Além do mais, existem modelos que servem para predições de erosão de grande utilização no mundo: WEPP e USLE. Porém, apresentam limitações em seu uso pela necessidade de envolver características locais do solo. No caso do Brasil, pesquisas estão sendo realizadas no intuito de se desenvolverem modelos aplicáveis às condições brasileiras. Para isto, é de fundamental importância o relacionamento dos mesmos ao programa CLIMA-BR, como verificado por Pruski (2006).

A chuva por ação físico e/ou química promove o desprendimento por impacto das gotas de chuva de agregados de partícula (impacto, salpicação e remoção) podendo gerar selamento do solo (compactação) e, assim, propiciar condições para ocorrência do escoamento superficial e transporte de partículas, de acordo com Guerra (1999).

Vários estudos estão sendo elaborados com intuito de informar a distribuição granulométrica das gotas de chuva e precipitação, associando o seu possível efeito sobre o solo. O potencial de erosão hídrica de determinado local ou região pode ser caracterizado por meio da avaliação da erosividade das

chuvas e sua própria distribuição temporal. Pruski (2006) verificou que esta avaliação da energia cinética da precipitação, como causadora de erosividade, envolve a inclusão dos seguintes atributos: intensidade de precipitação; volume de precipitação, energia cinética e caudal⁸ máximo e volume do escoamento. Existe uma série de modelos empíricos, estocásticos e físicos no mundo sendo trabalhados na forma de fornecer bases para predição erosiva.

Alguns estudos de Albuquerque *et al.* (1994), baseados em índice de erosividade e correlações da mesma com a chuva, realizados em Pernambuco, estão sendo desenvolvidos para estabelecer perdas de solo, com o objetivo de direcionar o adequado planejamento do uso e do manejo dos seus solos. As perdas de solo relacionaram-se positivamente com as chuvas de longa duração, condição em que a infiltração diminui e o escoamento superficial aumenta.

Existem vários estudos baseados em simuladores de chuva (envolve tamanho de gotas, intensidade de chuvas, energia cinética) que podem contribuir de forma muito positiva na pesquisa de erosão hídrica, escoamento e processos de infiltração, de forma a economizar tempo e recursos, segundo Bryan e Ploey (1983), Roth *et al.* (1985), Lal (1988), Boardman *et al.* (1990), Meyer e Harmon (1992), Schramm e Prinz (1993), Goff (1994), Wainwright (1996), Agassi e Bradford (1999) e Brandão *et al.* (2004). Entretanto, exigem-se cuidados nesta prática, como ocorreu no Paraná, onde experimentos subestimaram a perda de solo e superestimaram a infiltração, por a energia cinética do simulador ser menor do que a de chuvas locais, Roth *et al.* (1985).

Eventos de chuvas naturais também são aproveitados em diferentes estudos de erosão e infiltração, como os experimentos de Agnese e Bagarello (1997). Outro estudo associa diferentes tipos de solos (arenoso, argiloso) com o efeito da energia cinética das chuvas simulada sobre os mesmos, pois sabe-se que os solos apresentam comportamentos distintos (QUANSAH, 1981).

Outro aspecto a ser considerado na erosão hídrica é a rugosidade da superfície do solo, que é representada pela ondulação do terreno, mais precisamente pelas variações de altura das micro-elevações e de profundidade das microdepressões superficiais, bem como pela sua distribuição espacial (ALLMARAS *et al.*, 1966 *apud* BERTOL *et al.*, 2006). A forma mais usual de modificar a rugosidade superficial do solo é por meio do preparo. Portanto, nos sistemas de manejo conservacionistas, com exceção da semeadura direta, a rugosidade superficial do solo é maior do que nos sistemas convencionais, segundo Bertol *et al.* (2006).

⁸ Caudal: quantidade de água (em geral, a quantidade média calculada a longo prazo) que pode ser extraída de uma bacia hidrogeológica ou de uma rede de águas superficiais, sem que se produzam resultados indesejáveis.

A cobertura por resíduos culturais e a rugosidade superficial induzida por métodos de preparo constituem as condições físicas de superfície do solo mais importantes do ponto de vista de redução da erosão hídrica, de acordo com Cogo *et al.* (2003) e Castro *et al.* (2006). A cobertura é fundamental na dissipação da energia cinética das gotas da chuva, impedindo seu impacto direto na superfície do solo, enquanto a rugosidade é importante na retenção e na infiltração superficiais de água, na diminuição da velocidade e do volume da enxurrada e no aprisionamento dos sedimentos da erosão, com efeitos marcantes na conservação do solo e da água, fato comprovado por Cogo *et al.* (2003) e Bertol *et al.* (2006).

Uma alternativa comprovada por estudos desenvolvidos por Costa *et al.* (2006) para minimizar a mobilização do solo é a introdução do sistema de plantio direto, que preconiza a semeadura em solo coberto por palha, com o mínimo de mobilização na linha de semeadura, para que o solo permaneça mais protegido do impacto das gotas de chuva.

O preparo do solo depende de condições, tais como: regime de chuva, tipo de solo, topografia e seqüência/rotação cultural utilizada no sistema global de manejo do solo da propriedade, segundo Bertol (1994 *apud* COGO *et al.*, 2003). Em observação feita por Larson e Gill (1973 *apud* CASTRO *et al.*, 2006) o desconhecimento e/ou desconsideração destes fatores locais poderão levar os agricultores a utilizarem um método de preparo do solo inadequado para as suas condições, acelerando a degradação das suas terras de cultivo.

Um ótimo exemplo da desconsideração das características locais, apontado por Primavesi (2003) foi a implantação da “Revolução Verde” nos trópicos, com ecossistemas completamente diferentes dos de clima temperado: não aumentou as colheitas como esperado, e levou à decadência total dos solos especialmente pela lavração profunda, à neutralização do alumínio por calagens elevadas, ao desequilíbrio entre os nutrientes, causado pela adubação com o Nitrogênio (N); o Fósforo (P) e o Potássio (K) (NPK)⁹ e o uso de pesticidas, e à exposição dos solos a chuvas e sol.

Como resultado, apareceram, cada vez mais, pragas e doenças que atacam as culturas, e que foram combatidas por substâncias tóxicas desenvolvidas durante a guerra, com fins bélicos, como os fosforados, desenvolvidos como neurotóxicos, e os clorados, como inseticidas. As monoculturas, introduzidas para permitir a mecanização em grande escala, os herbicidas e as queimadas acabaram rapidamente com as reservas do solo de matéria orgânica, que foi

⁹ Estão entre os nutrientes principais a serem adicionados no fertilizante; são compostos que contêm nitrogênio, fósforo e potássio, que podem ser obtidos pela adição de excrementos de aves triturados e misturados aos fertilizantes.

substituída por adubos químicos; quanto a mão-de-obra, foi substituída por máquinas, iniciando a migração de bilhões de pessoas para as cidades e o crescimento das favelas (PRIMAVESI, 2003).

Pelo mesmo motivo, cuidados precisam ser tomados durante a introdução da agricultura orgânica, pois o manejo errado da matéria orgânica pode provocar sérios danos aos solos e mananciais. Primavesi (2003) acredita que a agricultura orgânica ecológica, com uma visão holística e sistêmica, pode ser uma importante saída na conservação do uso de água e solo, já que ela é pautada na diversificação de culturas (biodiversidade vegetal utilizada com eficiência no controle de pragas) e ciclos de vida.

Dentre os fatores apresentados, a cobertura vegetal apresenta papel primordial nos atributos do solo e da água, sendo que o desmatamento tem causado a degradação de imensas áreas, com prejuízos à hidrologia e à biodiversidade. A importância da preservação das florestas nativas é evidente, pois estas possibilitam interceptar a água da chuva, proporcionar condições ótimas de infiltração e reduzir o escoamento superficial, e conseqüentemente, a conservação dos mananciais hídricos, segundo Rizzi (1981) e Guerra (1999).

O desmatamento provoca a diminuição da precipitação local, da infiltração de água, e do estoque de água subterrânea. Como conseqüência causa a erosão dos solos, diminuição da descarga fluvial e assoreamentos de corpos hídricos, assim como verificado em Pires e Santos (1995). Lima e Reichardt (1987) observaram em seus estudos que as práticas adequadas de manejo proporcionam o controle das perdas de solo e nutrientes e a preservação da qualidade das águas.

Diversas pesquisas têm demonstrado a eficácia dos preparos conservacionistas de solo no controle da erosão, com reduções de 50 a 95 % nas perdas de solo, em relação ao preparo convencional, segundo Cogo *et al.* (2003).

De acordo com Primavesi (2002), as práticas conservacionistas podem ser divididas em edáficas, vegetativas e mecânicas. Entre as práticas edáficas encontra-se o cultivo de acordo com a capacidade de uso da terra; controle das queimadas; adubação verde, química e orgânica; e calagem. As práticas vegetativas são representadas pelo florestamento e reflorestamento; plantas de cobertura; cobertura morta; rotação de culturas; formação e manejo de pastagem; cultura em faixa; faixa de bordadura¹⁰; quebra vento e bosque sombreador; cordão vegetativo permanente; e manejo do mato e alternância de capinas.

¹⁰ Faixa de bordadura: (a técnica) trata-se de uma prática conservacionista vegetativa, uma extensão de terra demarcada (limite lateral da cultura) sob influência do chamado “efeito de borda” de um uso de solo qualquer. Por exemplo na periferia de uma área de café pode ser demarcada uma faixa de bordadura.

Para as práticas mecânicas tem-se o preparo do solo e plantio em nível; distribuição adequada dos caminhos; sulcos e camalhões em pastagens; enleiramento em contorno; terraceamento; subsolagem; irrigação e drenagem. A maioria das práticas apresentadas acima funciona como importantes barreiras de controle aos processos de erosão (eólica e hídrica) e escoamento.

Segundo Primavesi (2002), a erosão e o aumento da salinidade do solo são os maiores problemas relacionados ao manejo inadequado, e apresentarão relação direta com a escassez de alimentos num futuro próximo, resultando num profundo desequilíbrio do sistema produtivo.

Calagem

Embora seja uma técnica agrícola bastante simples, a calagem é uma das práticas mais benéficas à agricultura. *Calagem* é uma etapa do preparo do solo para cultivo agrícola na qual se aplica calcário com os objetivos de elevar os teores de cálcio e magnésio, neutralização do alumínio trivalente (elemento tóxico para as plantas) e corrigir o pH do solo, para um desenvolvimento satisfatório das culturas. A acidez do solo é um problema comum a quase todas as regiões brasileiras, e a tendência, se não for corrigida, é ampliar-se, sobretudo nas regiões de solos arenosos sujeitos a altas precipitações e cultivos intensivos.

Há no Brasil, aproximadamente, 285 milhões de hectares de terras cultiváveis, dos quais 40 ou 50 milhões necessitam de correção de acidez.

Os efeitos da calagem poderiam ser resumidos da seguinte maneira:

- a) *efeitos físicos*- melhoria da estrutura pela granulação das partículas (estrutura, porosidade, permeabilidade, aeração).
- b) *efeitos químicos*:
 - correção da acidez;
 - aumento da disponibilidade e assimilação do Cálcio, Magnésio, Fósforo e Molibdênio;
 - diminuição da solubilidade do Alumínio, Ferro e Manganês (esses elementos, além de dificultarem o aproveitamento de alguns nutrientes pela planta, ainda podem se tornar tóxicos).
- c) *efeitos biológicos*- estímulo ao desenvolvimento da vida microbiana.

Fontes:

http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia4/AG01/arvore/AG01_87_1311200215104.html.

Acesso em: 22 nov. 2007.

<http://pt.wikipedia.org/wiki/Calagem>. Acesso em: 22 nov. 2007.

As perdas de solo e água, por erosão hídrica, são influenciadas também pela inclinação do declive do terreno e comprimento da encosta, pois à medida que elas aumentam, ocorre um incremento do volume, velocidade da enxurrada e diminui a infiltração de água no solo. Desta forma, Cogo *et al.* (2003) observou

que ocorre o aumento da capacidade de transporte das partículas de solo pela enxurrada, assim como a própria capacidade desta de desagregar solo, por ação de cisalhamento, principalmente quando concentrada nos sulcos direcionados no sentido da pendente do terreno.

Outro fator importante considerado em alguns estudos são a composição granulométrica e orgânica dos solos associadas a sua predisposição à erosão hídrica. Por exemplo, solos ricos em silte e areia e pobres em matéria orgânica são muito propensos ao processo erosivo em razão da pequena resistência que oferecem ao desprendimento de partículas durante a precipitação, segundo Brady (1989).

Posteriormente aos aspectos conceituais trabalhados, o presente estudo fez um levantamento das principais técnicas de predições de erosão, com alguns resultados obtidos pelas mesmas nas diferentes regiões do Brasil.

Quando se trabalha com perdas de solo e nutrientes torna-se necessário o levantamento, no local do experimento, de alguns atributos químicos do solo, referentes à camada superficial do solo a ser utilizada, a saber: pH, carbono orgânico (CO), N, Ca, Mg, P e K. No caso de Bertol (2004) essa caracterização química foi feita anteriormente ao experimento. Esta prática é de fundamental importância para o entendimento da dinâmica dos nutrientes no meio de estudo e de como ocorre o empobrecimento do mesmo ao longo do transporte das partículas. Outras questões metodológicas trabalhadas no mesmo estudo e que, possivelmente, até poderão ser utilizadas no desenvolvimento da nossa proposta, foi a utilização de simuladores de chuva (técnica artificial que simula a intensidade e duração da mesma) e diferentes sistemas de manejo associado às perdas de solo.

Existem vários estudos, como os de Brandão *et al.* (2004) e Panachuki *et al.* (2006), baseados em simuladores de chuva (tamanho de gotas, intensidade de chuvas, energia cinética) que podem contribuir de forma muito positiva na pesquisa de erosão hídrica, escoamento e processos de infiltração de forma a economizar tempo e recursos. Entretanto, o estudo a ser desenvolvido pretende aproveitar as ocorrências de chuva natural (novembro a fevereiro) em Varre-Sai para as predições de erosão hídrica, metodologia semelhante a Bertol em outro estudo realizado em 2004, no Planalto Sul Catarinense.

Outra informação importante que precisou ser levantada pelos diferentes estudos de perda de solo é a questão do dimensionamento das parcelas experimentais de erosão (feitas com chapas galvanizadas seguindo o declive, acoplada por uma calha de PVC a um sistema coletor) a serem instaladas sobre os diferentes usos na microbacia de Varre-Sai, RJ (café, eucalipto, pastagem e

fragmentos de mata secundária). Em trabalhos anteriores, desenvolvidos por Leite *et al.* (2004), verificou-se a utilização de parcelas experimentais de 11 x 3,5 m, assim como observado durante visitas técnicas aos estudos de perdas de solo conduzidos na Universidade Federal de Viçosa (UFV). Entretanto, outros autores como Cogo *et al.* (2003), Bertol *et al.* (2004) e Bertol *et al.* (2006) utilizaram parcelas maiores de 22,1 x 3,5 m, o que reduzem o número de parcelas a serem dispostas na área de estudo.

As operações de preparo do solo foram efetuadas no sentido do declive do terreno, conforme filosofia de obtenção de valores para o fator C – cobertura e manejo do modelo “USLE/RUSLE” de predição da erosão hídrica, utilizando, por final, a equação universal do solo, segundo Wischmeier e Smith (1978).

Alguns estudos realizados por Cogo (2003) destacaram a influência da declividade nas perdas de solo. Para isso, foi feito o experimento de perdas de solo sobre diferentes classes de declividade, sendo detectado o comportamento diferenciado das mesmas.

Em relação aos diferentes usos que o presente estudo pretende trabalhar, principalmente perdas de solo em pastagem e café, foi verificado que estas culturas apresentam reduções significantes nas perdas de solo em alguns estudos. Estudos desenvolvidos em Pindorama-SP por Prochnow *et al.* (2005), observaram que a cultura do cafeeiro mostrou-se eficiente no controle das perdas de terra, diminuindo-as em 78%, nos primeiros cinco anos, e em 99% do quinto ano em diante. Panachuki *et al.* (2006) em Dourados-MS identificou que o sistema de integração agricultura-pecuária sob plantio direto apresenta perdas de solo mais acentuadas que o sistema sob pastagem. Apesar de estes estudos adotarem metodologia experimental um pouco diferente da que se pretende desenvolver em relação às parcelas, nos indicam algumas possíveis inferências sobre o funcionamento do sistema Varre-Sai.

Em 1949, segundo Marques (*apud* BERTONI; LOMBARDI NETO, 1990), o Brasil já perdia, por erosão laminar, cerca de 500 milhões de toneladas de terra, o correspondente ao desgaste uniforme de uma camada de 15 cm de espessura numa área de, aproximadamente, 280.000 hectares.

A erosão hídrica verificada por Swanson (1975) em ambientes paranaenses apresenta uma média anual de perda de solo de 15 a 20 t/ha/ano, em áreas intensivamente mecanizadas, o que representa, anualmente, uma perda de nutrientes de 250 milhões de dólares.

Em trabalhos realizados por Schmidt (1989), no Rio Grande do Sul, verifica-se uma perda de solo de mais de 40 t/ha/ano em seis milhões de hectares de áreas cultivadas.

Em estudos realizados por Bertolini *et al.* (1993), em São Paulo, existem valores de perda anual de solo de, aproximadamente, 194 milhões de toneladas de terras férteis, das quais destas 48,5 milhões de toneladas chegam aos mananciais em forma de sedimentos transportados, causando assoreamento e poluição.

Neste estudo foram apresentados trabalhos acadêmicos que envolvem predições de perdas de solo e todos os fatores que contemplam a erosão hídrica. Entretanto, a gestão dos recursos hídricos precisa de ferramentas institucionais (pró-ativas) por meio da construção de um arcabouço legal integrado que permita o uso da água e solo de forma sustentável. A implantação de Comitês de Bacia figura como a principal alternativa de controlar o uso da água e solo no Brasil, pela própria democratização, descentralização de decisões e envolvimento de diferentes atores sociais sensibilizados pelos diferentes usos (conflitos) na bacia hidrográfica. Os experimentos acadêmicos precisam ser socializados de forma a direcionar, como neste estudo, práticas de conservação de água e solo mediante o uso e a ocupação rural.

No Brasil, apesar da relevância sócio-ambiental da água e do solo não existe um entendimento legal da regulamentação ambiental, em prol da conservação destes recursos naturais. Por exemplo, ao mesmo tempo em que a resolução CONAMA 303/2002 determina as áreas onde a vegetação natural é considerada área de preservação permanente, ela possibilita brecha em relação à supressão da vegetação em APPs em nome do interesse social, por intermédio da resolução 369/2006 (poderia até ser apoiada, inclusive, por alguns Planos Diretores, por intermédio do interesse público), ainda não aceita pelo IBAMA. Desta forma, possibilita a exposição do solo a processos erosivos ou a ocupação irregular do mesmo.

5 Resultados preliminares

Este estudo contemplou, por intermédio de uma revisão bibliográfica crítica, o direcionamento metodológico experimental para perdas de água e solo a ser implantado em Varre-Sai, RJ.

As visitas técnicas realizadas em abril de 2007 foram de fundamental relevância para a escolha das áreas potenciais de estudos (culturas de café, eucalipto, mata secundária e pastagem), envolvendo os diferentes usos já apresentados na microbacia; dimensionamento da parcela de tábuas garapa

(22 x 3,5 m) a ser implantada nas mesmas; fatores a serem considerados durante as predições de erosão, de modo a retratar ao máximo as condições naturais.

De forma a agregar valor à prévia caracterização da área de estudo, foi realizada a determinação de Ca, Cr, K, Na e Fe na água do Paraíba do Sul que cruza todos os locais a serem trabalhados (Tabela 1).

Tabela 1

Resultados dos elementos Ca, Cr, K, Na e Fe (mg.L⁻¹) na água do Paraíba do Sul próximo dos locais de estudo (culturas de café, mata e pastagem)

Ca	Cr	K	Na	Fe
1,0	< 1,0	1,6	3,0	0,4

Entretanto, a partir do presente estudo constatou-se a necessidade de caracterização mais concisa da matriz solo (granulometria, porosidade e composição físico-química) em Varre-Sai, inclusive cursos hídricos que passam próximo às áreas a serem estudadas. Pela pequena quantidade de estudos anteriores na região, isso somente será obtido com o desenvolvimento do trabalho. Porém, torna-se necessário que essa avaliação diagnóstica das áreas de estudos seja realizada anteriormente ao período de chuvas, isto é, previamente aos experimentos de perdas de solo.

A expectativa do trabalho é permitir que os resultados de perdas de água e solo a serem obtidos indiquem a necessidade da adoção de práticas conservacionistas na área experimental de Varre-Sai, RJ.

6 Conclusão

Os modelos e estudos de perdas de água e solo a serem desenvolvidos ou aplicados precisam levar em consideração as características locais, como: dados climatológicos (fatores chuva), edáficos (erodibilidade do solo, topografia), vegetativos (cobertura presente, histórico de uso), além de conhecimento das práticas de manejo e conservacionistas de suporte associadas ao solo. Desta forma, o experimento torna-se capaz de obter predições reais das condições do ambiente observado.

A relevância de estudos de predição de erosão vem na forma de quanto de perda de solo é admissível para se manter a produtividade do mesmo, assim

como medir o grau de potencialidade que sua perda pode oferecer de risco ao assoreamento de um manancial.

O conhecimento de aspectos geológicos, edafoclimáticos (referente a solo e clima) e fisiográficos da região são de fundamental importância para condicionar, também, os diferentes usos do solo, conseqüentemente, seu próprio manejo e práticas de conservação.

7 Referências

AGASSI, M. *et al.* *Methodologies for interrill soil erosion studies*. Soil & Tillage Research, v. 49, p. 277-287, 1999.

ALBUQUERQUE, A. W. *et al.* Características físicas da chuva correlacionadas com as perdas de solo num regossolo eutrófico de Caruaru (PE). *Revista Brasileira de Ciência de Solo*, v. 18, p. 279-283, 1994.

BERTOL, I. *et al.* Erosão hídrica em um nitossolo háplico submetido a diferentes sistemas de manejo sob chuva simulada. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v. 28, p. 1045-1054, 2004.

_____ *et al.* Perdas de fósforo e potássio por erosão hídrica em um inceptisol sob chuva natural. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v. 28, p. 485-494, 2004.

_____ *et al.* Relações da rugosidade superficial do solo com o volume de chuva e com a estabilidade de agregados em água. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v. 30, p. 543-553, 2006.

BERTOLINI, D. *et al.* *Programa estadual de microbacias hidrográficas*. Campinas, SP: CATI, 1993. 16 p.

BERTONI, J. *et al.* *Conservação do Solo*. São Paulo: Ícone, 1990, 355 p.

BRADY, N. C. *Natureza e propriedades dos solos*. 7. ed. Rio de Janeiro: Livraria Freitas Bastos, 1989, 898 p.

BRANDÃO, V. S. *et al.* *Infiltração da água do solo*. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2004, 98 p.

BROADMAN, J. M. *et al.* Soil erosion studies: some assessments. In: _____ (Eds.). *Soil Erosion on Agricultural Land*. New York: Wiley, 1990, p. 659-672.

BRYAN, R. B.; PLOEY, J. Comparability of soil erosion measurements with different laboratory rainfall simulators. In: PLOEY, J. (Ed.). *Rainfall simulation, Runoff, and Soil Erosion*. Catena Suppl. 4. Catena Verlag, Cremlingen, WG, p. 33-56, 1983.

CASTRO, L. G. *et al.* Alterações na rugosidade superficial do solo pelo preparo e pela chuva e sua relação com a erosão hídrica. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v. 30, p. 339-352, 2006.

COGO, N. P. *et al.* Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo. *Revista Brasileira de Ciência de Solo*, v. 27, p. 743-753, 2003.

COSTA, E. A. *et al.* Qualidade de solo submetido a sistemas de cultivo com preparo convencional e plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília*, v. 41, n. 7, p. 1185-1191, 2006.

GOFF, B. F. *et al.* Influence of rainfall intensity on the interrill erodibility of two rangeland soils. *Transactions of the ASAE*, v. 37, n. 5, p. 1445-1448, 1994.

GUERRA, A. J. T. *et al.* *Erosão e construção dos solos: conceitos, temas, aplicações*. Rio de Janeiro: BERTRAND BRASIL, 1999. 339 p.

LAL, R. Soil erosion by wind and water: problems and prospects. In: LAL, R. (Ed.). *Soil Erosion Research Methods*. Soil and Water Conservation Society, Ankeny, IA, 1988. 16 p.

LEITE, D. *et al.* Erosão hídrica em um nitossolo háplico submetido a diferentes sistemas de manejo sob chuva simulada. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v. 28, p. 1033-1044, 2004.

LIMA, W. P. *et al.* Regime de água do solo sob floresta homogênea de eucalipto e de pinheiro. CENA: Boletim Científico, Piracicaba, v. 43, 1987. 31 p.

MEYER, L. D. *et al.* Interrill Runoff and Erosion: Effects of Row-sideslope shape, rain energy, and rain intensity. *Transactions of the ASAE*, v. 35, n. 4, p. 1199-1203, 1992.

OTTONI, M. V. Classificação físico-hídrica de solos e determinação da capacidade de campo *in situ* a partir de testes de infiltração. Dissertação (Mestrado) – UFRJ, Rio de Janeiro, 2005.

PANACHUKI, E. *et al.* Parâmetros físicos do solo e erosão hídrica sob chuva simulada, em área de integração agricultura-pecuária. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, SP, v. 10, n. 2, p. 261–268, 2006.

PIRES, J. S. R. *et al.* Bacias hidrográficas: integração entre meio ambiente e desenvolvimento. *Ciência Hoje*. São Carlos, SP, v. 19, n. 10, p. 4-45, 1995.

PRIMAVESI, A. *Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais*. São Paulo: Nobel, 2002. 549 p.

_____. Revisão do conceito de agricultura orgânica: conservação do solo e seu efeito sobre a água. Palestra na Biológico, Sindicato Rural de Itai (SINDAI), São Paulo, v. 65, n. 1/2, p. 69-73, 2003.

PROCHNOW, D. *et al.* Razão de perdas de terra e fator C da cultura do cafeeiro em cinco espaçamentos, em Pindorama (SP). *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v. 29, p. 91-98, 2005.

PRUSKI, F. F. *Conservação de solo e água: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica*. Viçosa, MG: UFV, 2006. 240 p.

RIZZI, N. E. Função da floresta na manutenção da qualidade da água para uso humano. *Revista Florestal*, São Carlos, SP, p. 54-65, 1981.

ROTH, C. H. *et al.* Avaliação do tamanho de gotas de chuva natural e simulada para o Norte do Paraná. *Revista Brasileira de Ciência de Solo*, v. 9, p. 171-174, 1985.

SCHMIDT, A. V. Terraceamento na região Sul. *In: Anais do Simpósio sobre Terraceamento Agrícola*, 1988, Campinas: Fundação Cargill, p. 23-25, 1989.

SCHRAMM, M. *et al.* Rainfall simulation tests for parameter determination of a soil erosion model farm land erosion. *In: Temperate Plains Environment and Hills*, 1993, p. 373-388.

SWANSON, N. P. *Suggestions for use the rotating-boom field plot rainfall simulator to obtain data for application of the soil loss equation*. Paraná: FAO, University of Nebraska (Relatório de Consultoria), 1975. 6 p.

WAINWRIGHT, J. Infiltration, runoff and erosion characteristics of agricultural land in extreme storm events, *Catena*, França, v. 26, p. 27-47, 1996.

WISCHMEIER, W. H. *et al.* *Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning*. Washington (Agricultural Handbook, 537): USDA, 1978. 58 p.