

ESTIMATIVA DO POTENCIAL DE RECARGA NA SUB-BACIA DAS POSSES, EXTREMA (MG), EM FUNÇÃO DOS ATRIBUTOS FISIAGRÁFICOS, PEDOLÓGICOS E TOPOGRÁFICOS

Gabriela Camargos LIMA¹, Marx Leandro Naves SILVA², Nilton CURI³, Mayesse Aparecida da SILVA⁴, Anna Hoffmann OLIVEIRA⁵, Junior Cesar AVANZI⁶, Diego Antonio França de FREITAS⁷

(1) Engenheira Florestal, Doutora em Ciência do Solo no Departamento de Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras, Campus da UFLA, 37200-000 - Lavras, MG - Brasil - Caixa-postal: 3037. Endereço eletrônico: gabslima@yahoo.com.br.

(2) Engenheiro Agrônomo, Doutor em Solos e Nutrição de Plantas, Professor Associado IV no Departamento de Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras, Campus da UFLA, 37200-000 - Lavras, MG - Brasil - Caixa-postal: 3037. Endereço eletrônico: marx@dcs.ufla.br.

(3) Engenheiro Agrônomo, Doutor em Soil Science, Professor Titular no Departamento de Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras, Campus da UFLA, 37200-000 - Lavras, MG - Brasil - Caixa-postal: 3037. Endereço eletrônico: niltcuri@dcs.ufla.br.

(4) Engenheira Florestal, Doutora em Ciência do Solo no Departamento de Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras, Campus da UFLA, 37200-000 - Lavras, MG - Brasil - Caixa-postal: 3037. Endereço eletrônico: mayesse@gmail.com.

(5) Engenheira Florestal, Doutora em Ciência do Solo, Departamento de Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras, Campus da UFLA, 37200-000 - Lavras, MG - Brasil - Caixa-postal: 3037. Endereço eletrônico: anna.ufla@gmail.com.

(6) Engenheiro Agrônomo, Doutor em Ciência do Solo, Pesquisador do Núcleo Temático de Sistemas Agrícolas, Embrapa Pesca e Aquicultura -Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), 104 Sul, Av. LO 01 nº 34, Conj. 4, 77020-020 – Palmas – TO – Brasil. Endereço eletrônico: junior.avanzi@embrapa.br.

(7) Engenheiro Agrônomo, Doutor em Ciências do Solo, Professor no Departamento de Ciências Agrárias, Universidade Federal de São João del-Rei, Campus Sete Lagoas, 35701-970 – Sete Lagoas, MG – Brasil – Caixa-postal: 56. Endereço eletrônico: diego@ufsj.edu.br.

Introdução
Material e métodos
Resultados e discussão
Conclusões
Agradecimentos
Referências bibliográficas

RESUMO - Atividades antrópicas, principalmente nas áreas de recarga das nascentes, contribuem para o desequilíbrio hidrológico, proporcionando, especialmente, a distribuição de água irregularmente. O uso do solo com pastagem extensiva sem um manejo adequado tem degradado parte da paisagem na região Sul do Estado de Minas Gerais, particularmente nos ambientes de solos mais instáveis situados em topografia acidentada. Desse modo, o presente trabalho teve por objetivo avaliar o potencial de recarga da sub-bacia das Posses, município de Extrema, MG, em função dos atributos fisiográficos, pedológicos e topográficos. Os atributos de solos e topográficos indicam uma potencialidade média / boa de recarga de água no solo em 62% da área, o que aliado aos atributos fisiográficos favoráveis desta sub-bacia de cabeceira apontam para uma condição relativamente sustentável, a qual pode ainda ser melhorada com a implantação de práticas adequadas de conservação do solo e da água, principalmente nos 38% restantes da sub-bacia.

Palavras-chave: recarga de água, conservação do solo e da água, infiltração de água no solo, rede de drenagem, bacia hidrográfica.

ABSTRACT - Anthropogenic activities, mainly on areas of spring recharging, contribute to the hydrological imbalance, providing, especially the irregular water distribution. The land use with extensive pasture without an adequate management has degraded part of the landscape in southern Minas Gerais state, mainly on more unstable soils environments situated on irregular topography. In this way, the objective of this work was evaluate the physiographical, pedological and topographical properties on estimation of potential for soil water recharging at Posses sub-basin, Extrema country, MG. The soil and topographical properties indicate a medium / good potential for soil water recharge on 62% of the area, which in association with the favorable physiographical properties of this headwater sub-basin suggest a relatively sustainable condition that can still be improved with implantation of adequate soil and water conservation practices, mainly on remaining 38% of the sub-basin area.

Key words: Water recharge, soil and water conservation, soil water infiltration into the soil, drainage net, watershed.

INTRODUÇÃO

Estudos hidrológicos são ferramentas importantes para o entendimento da dinâmica da água em bacias hidrográficas e as consequências ambientais decorrentes da atividade antrópica, uma vez que fornecem elementos e dados que proporcionam uma visão holística do ambiente solo, água e vegetação, e dos efeitos do uso e manejo do solo na capacidade de infiltração de água e, conseqüentemente, na recarga de água no solo.

Uma bacia hidrográfica pode ser definida como a área de captação natural da precipitação pluviométrica, limitada por divisores de águas, no interior da qual ocorre a captação de água da chuva e esta converge para uma única saída (Tucci, 1997). Consideram-se dados fisiográficos de uma bacia hidrográfica todos aqueles que podem ser extraídos de mapas, fotografias aéreas e imagens de satélite, medidos diretamente ou expressos por índices (Tucci, 2002).

Atividades antrópicas em bacias hidrográficas, principalmente nas áreas de recarga das nascentes, influenciam no escoamento superficial e, conseqüentemente, na erosão do solo desfavorecendo a infiltração de água e contribuindo para o rompimento do equilíbrio ambiental, proporcionando, especialmente, inadequada redistribuição de água no sistema.

Estudos sobre o uso e manejo do solo em áreas de recarga de nascentes são cada vez mais

necessários. No caso de nascentes, há notório interesse na preservação e melhoria da qualidade, quantidade e uniformidade na produção de água.

A topografia também interfere no potencial de recarga de água, pois terrenos com maior declive tendem a escoar mais água pela superfície e reduzir a infiltração, diminuindo a recarga de água no solo.

O manejo adequado do solo em bacias hidrográficas é a forma mais eficiente de uso dos recursos hídricos de uma região, pois visa à preservação da quantidade e qualidade da água.

A sub-bacia das Posses, localizada no município de Extrema, MG, é parte da região que compõe o Sistema Cantareira, um dos maiores sistemas de abastecimento público do mundo (Whately & Cunha, 2006).

Esta sub-bacia de cabeceira tem como uso predominante do solo as pastagens degradadas (Lima, 2010). A reduzida cobertura vegetal e o manejo incorreto do solo reduzem a infiltração de água nestes sistemas, podendo reduzir a vazão em nascentes, riachos e rios. Desse modo, este trabalho se propõe a estimar o potencial de recarga subterrânea, de forma qualitativa, tendo-se como referência os aspectos fisiográficos, de solos e de relevo na sub-bacia das Posses, município de Extrema, Sul do Estado de Minas Gerais, o que permitirá inferir sobre o comportamento de outras bacias de drenagem na região.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo possui 1.196,7 hectares e compreende a Sub-bacia Hidrográfica das

Posses, localizada no município de Extrema, no Sul do Estado de Minas Gerais (Figura 1).

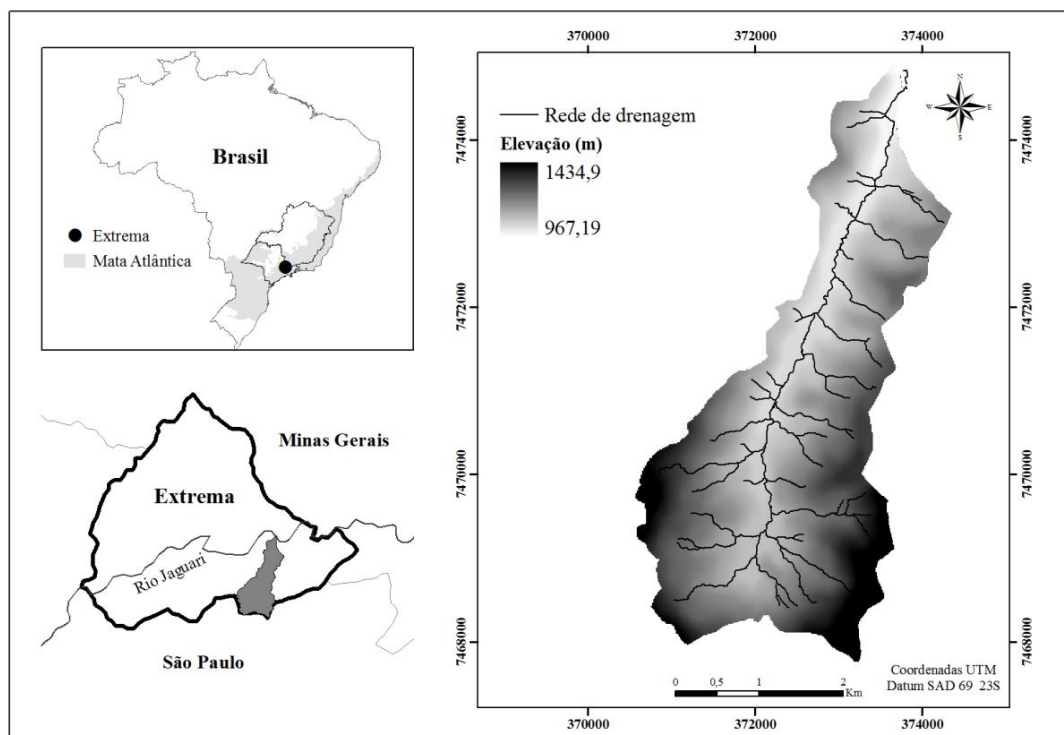


Figura 1. Mapa de localização, topografia e da rede de drenagem da Sub-bacia das Posses, Extrema (MG)

Esta sub-bacia está inserida na Unidade de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos (UPGRH) da Bacia Hidrográfica do Rio Piracicaba/Jaguari (PJ1) e inserida no bioma Mata Atlântica segundo Inventário Florestal de Minas Gerais (IEF, 2009). O rio Jaguari é um dos rios que abastece o Reservatório do Sistema Cantareira no Estado de São Paulo. Situa-se entre as coordenadas UTM 374.500 e 371.500 de longitude E e entre 7.468.200 e 7.474.800 de latitude S (Datum SAD 69, Zona 23S) e entre as altitudes de 1.144 e 1.739 m (bacia de cabeceira). O clima na sub-bacia é do tipo Cwb, de acordo com a classificação de Köppen, caracterizado como mesotérmico de verões brandos e suaves, e estiagem de inverno. A temperatura média anual é de 18°C, tendo nos meses mais quente e mais frio temperaturas médias de 25,6°C e 13,1°C, respectivamente, com ocorrência de geadas anuais, e precipitação média anual de 1.477 mm (ANA, 2008).

O mapa com a distribuição das fases de relevo foi gerado a partir das curvas de nível representadas na planta topográfica da área de estudo. O levantamento de solos foi realizado de acordo com os procedimentos normativos de EMBRAPA (1995); foram abertas 21

trincheiras para coleta das amostras de solo e caracterização dos horizontes e a partir desta classificação, os solos foram classificados de acordo com EMBRAPA (2006).

Foram determinados os parâmetros fisiográficos listados a seguir: área de drenagem, perímetro, comprimento axial, largura média, coeficiente de compacidade, fator de forma, número de cursos d'água, comprimento total dos cursos d'água, comprimento do curso d'água principal, densidade de drenagem, extensão média do escoamento superficial, desnível topográfico máximo da bacia e declividade de álveo, representando um conjunto de informações técnicas essenciais à gestão dos recursos hídricos. As informações sobre a rede de drenagem e forma da bacia foram obtidas após digitalização de mapas cartográficos (arquivos do software AUTOCAD 2004).

Os coeficientes de avaliação da forma, drenagem e relevo da sub-bacia foram calculados segundo as metodologias de Vilella & Mattos (1975) e Tucci (1997). Os coeficientes utilizados para quantificar a influência da forma superficial da sub-bacia

hidrográfica no seu modo de resposta à ocorrência de precipitação foram:

- a) Coeficiente de compacidade (Kc):

$$Kc = P_{BH}/Pc$$

Onde: P_{BH} é o perímetro da bacia; e Pc é o perímetro de um círculo de área igual a da sub-bacia. Quanto mais próximo da unidade for este coeficiente, mais a sub-bacia se assemelha a um círculo. Assim, pode-se resumi-lo da seguinte forma: 1,00 a 1,25 = sub-bacia com alta propensão a enchentes; 1,25 a 1,50 = sub-bacia com tendência mediana a grandes enchentes; e > 1,50 = sub-bacia não sujeita a grandes enchentes.

- b) Fator de forma (Kf):

$$Kf = L_{médio}/L_{ax}$$

Onde: $L_{médio}$ é o comprimento médio da sub-bacia; e L_{ax} é o seu comprimento axial, em km. O fator de forma pode assumir os seguintes valores: 1,00 a 0,75 = sujeito a enchentes; 0,75 a 0,50 = tendência mediana a enchentes; e < 0,50 = não sujeito a enchentes.

- c) Índice de conformação (Ic):

$$Ic = A_{BH}/L_{ax}^2$$

Onde: A_{BH} é a área da sub-bacia hidrográfica; e L_{ax}^2 é um quadrado de lado igual ao comprimento axial da sub-bacia. Neste coeficiente, quanto mais próximo do valor 1,0 maior a propensão à enchentes, pois a sub-bacia fica cada vez mais próxima de um quadrado.

Para a análise da rede de drenagem, inicialmente, o sistema foi classificado segundo a metodologia de Strahler (1957), empregando-se as seguintes determinações:

- a) Densidade de drenagem (Dd):

$$Dd \text{ (km km}^{-2}\text{)} = \Sigma L / A_{BH}$$

Onde: L é o comprimento total dos canais; e A_{BH} é a área da sub-bacia hidrográfica.

- b) Densidade da rede de drenagem (DR):

$$DR \text{ (km}^{-2}\text{)} = N / A_{BH}$$

Onde: N é o número total de cursos d'água.

- c) Extensão média do escoamento superficial (Cm):

$$Cm \text{ (km)} = 1 / (4 \times Dd)$$

- d) Sinuosidade do curso d'água principal (S):

$$S = L/Lt$$

Onde: L é o comprimento do seu canal principal; e Lt é o comprimento do seu talvegue, medidos em linha reta.

- e) A declividade do curso d'água principal (S) foi determinada por 3 métodos:

$$S1 \text{ (\%)} = (h1 \times 100)/L$$

Onde: $h1$ é a diferença entre as cotas da nascente e da seção de controle;

$$S2 \text{ (\%)} = (h2/L) \times 100$$

Onde: $h2$ é a altura de um triângulo de área igual à área sob o perfil do curso d'água principal;

$$S3 \text{ (\%)} = (\Sigma Li / \Sigma (Li / \sqrt{Di}))^2 \times 100$$

Onde: Li é o comprimento do respectivo trecho; e Di é a declividade do mesmo.

Na caracterização do relevo da bacia foram avaliados:

- a) Declividade da sub-bacia (I):

$$I(\%) = (D/ABH) \times \Sigma CNi \times 100$$

Onde: D é a equidistância entre as curvas de nível (m); e ΣCNi é o comprimento total das curvas de nível (m). A área da sub-bacia deve estar em m^2 ;

- b) Elevação média da sub-bacia hidrográfica (E):

$$E \text{ (m)} = \Sigma (ei \times ai) \times A_{BH}$$

Onde: ei é a elevação média entre duas curvas de nível consecutivas (m); ai é a área entre as curvas de nível (km^2); e A_{BH} é a área da sub-bacia hidrográfica.

Foi realizada neste trabalho, juntamente com a caracterização fisiográfica da sub-bacia, a avaliação do potencial de recarga em relação ao relevo, tipo de horizonte A e classe de solo. Para isto, realizou-se o exame morfológico e a coleta de amostras de solo de acordo com os procedimentos recomendados por Santos et al. (2005), sendo os solos classificados de acordo com EMBRAPA (2006).

Com base nas classes de solos identificadas na sub-bacia, relevo e tipo de horizonte A avaliou-se a capacidade potencial de recarga de água, sendo que cada área considerada recebeu um valor indicando esse potencial.

A metodologia utilizada foi proposta por Araújo (2006) e adaptada por Menezes et al. (2009) (Tabela 1), classificando o potencial de recarga de água do solo a partir do cruzamento de informações relacionadas à classe de solo, tipo de horizonte A e fase de relevo. Foram atribuídos valores a cada classe de solo, tipo de horizonte A e fase de relevo presente na sub-bacia das Posses, valores estes variando de 1 a 4. Os valores mais altos indicam solo, horizonte A e relevo mais favoráveis à infiltração e recarga de água no solo, enquanto que menores valores indicam locais menos favoráveis.

Tabela 1. Valores atribuídos aos critérios selecionados para interpretação da potencialidade de recarga de água na sub-bacia das Posses, Extrema (MG) (Menezes et al., 2009, adaptado de Araújo, 2006)

Valor	Classe de solo	Tipo de horizonte A	Fase de relevo
1	Solos rasos (CX, RL)	A fraco	Montanhoso
2	CH	A moderado	Ondulado e forte ondulado
3	Solos intermediários (C em associação com L)	A proeminente	Plano e suave ondulado
4	Solos profundos (L, G e RY)	A húmico	-

CX – Cambissolo Háplico; RL – Neossolo Litólico; CH – Cambissolo Húmico; C- Cambissolo; L – Latossolo; G – Gleissolo; RY – Neossolo Flúvico.

Em relação às classes de solos, estas foram caracterizadas quanto à profundidade: solos mais profundos, que não possuem impedimentos à infiltração, estão menos sujeitos ao processo de escoamento superficial e erosão, favorecendo uma maior recarga de água.

Em relação aos tipos de horizonte A, esses apresentam, geralmente, maiores teores de matéria orgânica, o que favorece a retenção de água e o processo inicial de infiltração.

No tocante às fases de relevo, em condições equiparáveis, quanto maior a declividade, maior o escoamento superficial, menor a infiltração e, conseqüentemente, menor é seu valor com respeito à recarga de água. O contrário ocorre em relevos mais planos.

No presente trabalho, em função da ocorrência do Argissolo Vermelho-Amarelo, o qual não estava contemplado na metodologia de referência (Araújo, 2006; Menezes et al., 2009),

considerando-se os atributos deste solo, principalmente profundidade e gradiente textural entre os horizontes B e A, o mesmo foi enquadrado na classe de solos intermediários em relação à potencialidade de recarga de água.

Os dados foram então cruzados, multiplicando-se os valores atribuídos para classe de solo quanto à profundidade, aos tipos de horizonte A e às fases de relevo. Valores encontrados entre 1 e 6 são considerados baixo potencial de recarga; valores de 7 a 12 são considerados de médio potencial; e valores entre 13 e 36, são considerados de alto potencial de recarga de água.

Após analisados os atributos da rede de drenagem da sub-bacia das Posses e o potencial de recarga de água com base nos atributos pedológicos e topográficos, realizou-se uma abordagem conjunta da situação em que se encontra a sub-bacia em questão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os relevos de maior expressão geográfica são o forte ondulado e ondulado (Figura 2). Os solos dominantes na sub-bacia são o Argissolo Vermelho-Amarelo, Cambissolos Háplico e Húmico, e Neossolos Litólico e Flúvico (Figura 3). Os pontos apresentados na Figura 3 correspondem às trincheiras que foram abertas para caracterização dos horizontes e posterior classificação do solo.

Em relação aos atributos da rede de drenagem da sub-bacia das Posses, esta apresentou comprimento axial de 7,35 km, largura média de 2,1 km e comprimento do talvegue de 6,7 km. Na Figura 1 observa-se o mapa da rede de drenagem da sub-bacia. O coeficiente de compacidade (Kc) foi de 1,63 e o fator de forma (Kf) de 0,29.

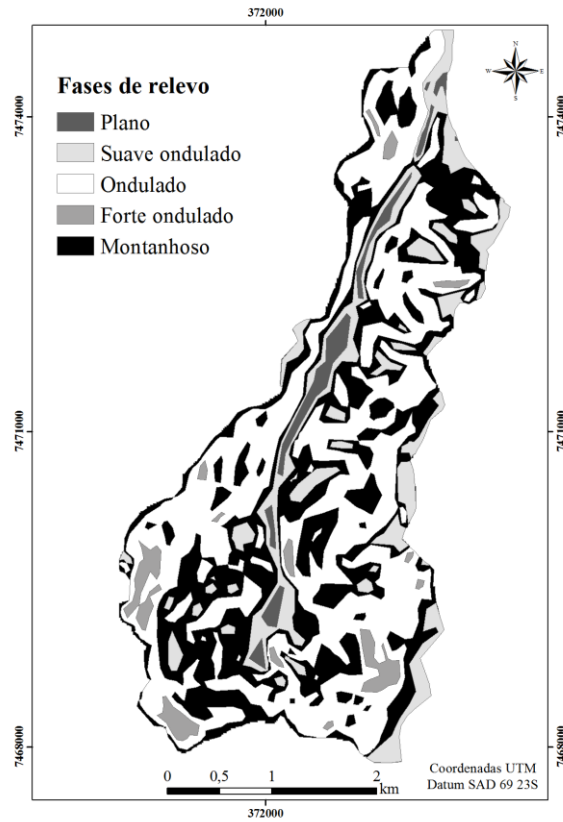


Figura 2. Mapa das fases de relevo da Sub-bacia das Posses, Extrema (MG)

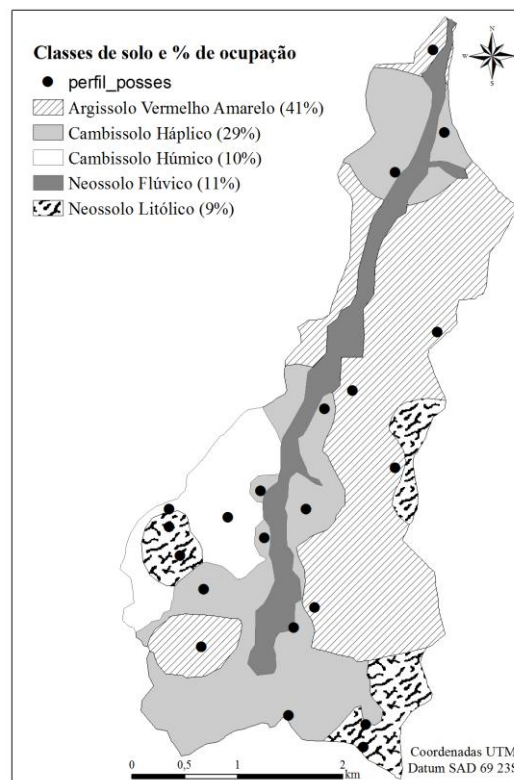


Figura 3. Mapa das classes de solos da Sub-bacia das Posses, Extrema (MG)

Estes resultados indicam que a sub-bacia, em condições normais de precipitação pluviométrica, não está sujeita a grandes enchentes, já que a forma alongada favorece um fluxo mais distribuído ao longo de todo o canal principal, produzindo cheias de volume inferior quando comparada a uma sub-bacia de forma circular. Em sub-bacia de forma próxima da circular, os escoamentos convergem em instantes similares para pontos próximos, aumentando rapidamente o deflúvio acumulado para o canal principal da sub-bacia, os processos erosivos, o assoreamento e o risco de enchentes. Em uma sub-bacia alongada como esta do presente trabalho, o deflúvio ocorre em pontos distantes e com tempos diferentes para estes escoamentos chegarem ao mesmo ponto do canal principal, resultando em menor vazão (Costa et al., 2008).

O índice de conformação (Ic) de 0,22 indica, igualmente, uma baixa propensão a enchentes na sub-bacia. Com a forma mais próxima a de um retângulo do que de um quadrado, um alto nível de escoamento é favorecido. Oliveira et al. (2012) encontraram um Ic de 0,48 para a Sub-bacia do Salto, adjacente à sub-bacia deste trabalho, indicando que àquela não está sujeita a enchentes, pois sua forma não se assemelha a um quadrado. A sub-bacia foi classificada como de 3ª ordem (Strahler), com 59 cursos d'água, número este de expressiva importância no incremento da recarga de água no solo e consonante com caráter de cabeceira desta sub-bacia.

A densidade de drenagem reflete a propriedade de transmissibilidade do terreno e,

consequentemente, a sua suscetibilidade à erosão (Oliveira et al., 2012). A densidade de drenagem (Dd) foi de 2,79 km km⁻², sendo considerada bem drenada, e com uma densidade da rede de drenagem (Dr) igual a 4,93 canais km⁻². Valores baixos de densidade de drenagem estão geralmente associados a regiões de rochas permeáveis e de regime pluviométrico caracterizado por chuvas de baixa intensidade ou pouca concentração da precipitação (Collares, 2000). A elevada Dd da sub-bacia indicou que a área é pouco permeável, também relatado nos estudos de Oliveira et al. (2012). Este fator deve ser sempre monitorado haja vista que a utilização dos recursos hídricos decorrentes da urbanização e agricultura pode alterar a Dd vindo a influenciar na disponibilidade de água (Collares, 2000). A extensão média do escoamento superficial (Cm) antes de se estabilizar ao longo de um canal guarda uma estreita relação com a Dd, sendo de 0,089 km (89 m).

A sinuosidade do curso d'água principal (S) foi de 1,26%. A declividade do curso d'água principal no primeiro método (S1) foi de 3,31%, 1,28% considerando o segundo método (S2) e 1,32% para o terceiro (S3). Na Figura 4 observa-se o perfil do curso d'água principal. Nos primeiros 1000 m deste curso d'água ocorre a maior declividade do talvegue (cerca de 60 a 70% da declividade total), indicando que a cabeceira da sub-bacia está propícia a perdas de solo e água, e consequente menor recarga. A segunda parte do curso d'água é amplamente dominante e caracterizada por ser mais suave, indicando ser uma área de deposição de sedimentos (Figura 4).

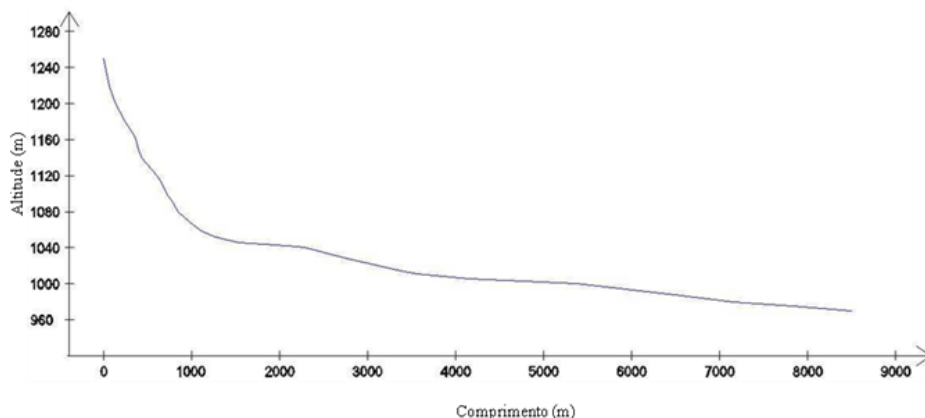


Figura 4. Perfil do curso d'água principal da Sub-bacia das Posses, Extrema (MG). *Sobrelevação 10.

A fase de relevo predominante na sub-bacia das Posses é forte ondulado ocorrendo em 60% da área total da sub-bacia. Este relevo condiz com a variação topográfica de 20 a 45% de declividade. Ocorre ainda nesta área, em grande extensão, a fase de relevo caracterizada como ondulado, compreendendo 22% da área total. Caracterizando assim a sub-bacia como uma área de cabeceira a qual pode contribuir para recarga, e ao mesmo tempo é caracterizada também como área prioritária de conservação por estar mais propícia a erosão hídrica.

A altitude média da sub-bacia é de 1.134,5 m. Na sub-bacia adjacente Oliveira et al. (2012) encontraram resultados similares, com uma altitude média de 1.148 m e declividade média de 22,3% (relevo forte ondulado). Este tipo de relevo pode favorecer o escoamento lateral de água no solo, tornando esta sub-bacia susceptível a erosão hídrica, sendo necessária à adoção de um manejo conservacionista que possibilite a retenção e o escoamento disciplinado da água (Oliveira et al., 2012).

As áreas de cabeceira são importantes áreas de recarga, onde ocorre a convergência do fluxo de água em superficial e subterrâneo, constituindo importante etapa do ciclo hidrológico. Quando essas áreas de cabeceira encontram-se degradadas, o fluxo superficial é superior ao esperado, incrementando a erosão

hídrica, reduzindo a infiltração e a recarga de água no solo.

A maior declividade na região das cabeceiras é responsável pela maior velocidade das águas, o que também favorece a ocorrência do escoamento superficial e posteriores processos erosivos e a diminuição da infiltração de água no solo.

A degradação dessas áreas, seja pelo desmatamento e/ou, pela ocupação irregular do terreno, é responsável, em grande parte, pela redução gradual da quantidade e da qualidade de água disponível no sistema.

Em relação aos atributos pedológicos, a grande maioria dos solos foi enquadrada como moderadamente profunda (Tabela 2), condição intermediária em termos de volume de armazenamento de água. O Neossolo Flúvico e o Cambissolo Húmico indicam um alto potencial de recarga (Figura 5). O Cambissolo Húmico ocupa 119,67 ha da área da sub-bacia, o que corresponde a 10% do total. O Cambissolo Háptico ocupa 347,04 ha (29%), o Argissolo Vermelho-Amarelo ocupa 490,62 ha (41%), o Neossolo Flúvico 131,62 ha (11%) e o Neossolo Litólico 107,70 ha (9%). O Cambissolo Háptico e Neossolo Litólico indicam baixo potencial de recarga, o que representa 38% da sub-bacia. O Argissolo Vermelho-Amarelo indica médio potencial de recarga de água (41% da área da sub-bacia).

Tabela 2. Classes de solos, tipos de horizonte A, profundidade, textura, fases de relevo e potencial de recarga de água no solo na Sub-bacia das Posses, Extrema (MG), com base no mapeamento pedológico

Classe de solo	Tipo de horizonte A	Profundidade	Textura	Fase de Relevo	Potencial de recarga
CH	Húmico	Moderadamente profundo	Argilosa	Forte ondulado	Bom
CH	Húmico	Moderadamente profundo	Argilosa	Ondulado	Bom
CX	Moderado	Moderadamente profundo	Média	Ondulado Forte	Baixo
CX	Moderado	Moderadamente profundo	Média	Ondulado Forte	Baixo
CX	Moderado	Moderadamente profundo	Argilosa	Ondulado Forte	Baixo
CX	Moderado	Moderadamente profundo	Argilosa	Ondulado	Baixo
CX	Moderado	Moderadamente profundo	Argilosa	Ondulado	Baixo
CX	Moderado	Moderadamente profundo	Argilosa	Ondulado	Baixo

CX	Moderado	Moderadamente profundo	Argilosa	Ondulado	Baixo
CX	Moderado	Moderadamente profundo	Média	Ondulado	Baixo
CX	Moderado	Moderadamente profundo	Média	Ondulado Forte	Baixo
PVA	Moderado	Moderadamente profundo	Arenosa/média	Ondulado	Médio
PVA	Moderado	Moderadamente profundo	Média/argilosa	Ondulado Forte	Médio
PVA	Moderado	Moderadamente profundo	Média/argilosa	ondulado	Médio
PVA	Moderado	Moderadamente profundo	Argilosa/muito argilosa	Ondulado	Médio
PVA	Moderado	Moderadamente profundo	Média/argilosa	Ondulado	Médio
PVA	Moderado	Moderadamente profundo	argilosa	Ondulado	Médio
RL	Moderado	Raso	Argilosa	Montanhoso	Baixo
RL	Moderado	Raso	Média	Montanhoso	Baixo
RL	Moderado	Raso	Argilosa	Montanhoso	Baixo
RY	Moderado	Profundo	Indiscriminada	Plano de várzea	Bom

CH: Cambissolo Húmico; CX: Cambissolo Háplico; PVA: Argissolo Vermelho-Amarelo; RL: Neossolo Litólico; RY: Neossolo Flúvico

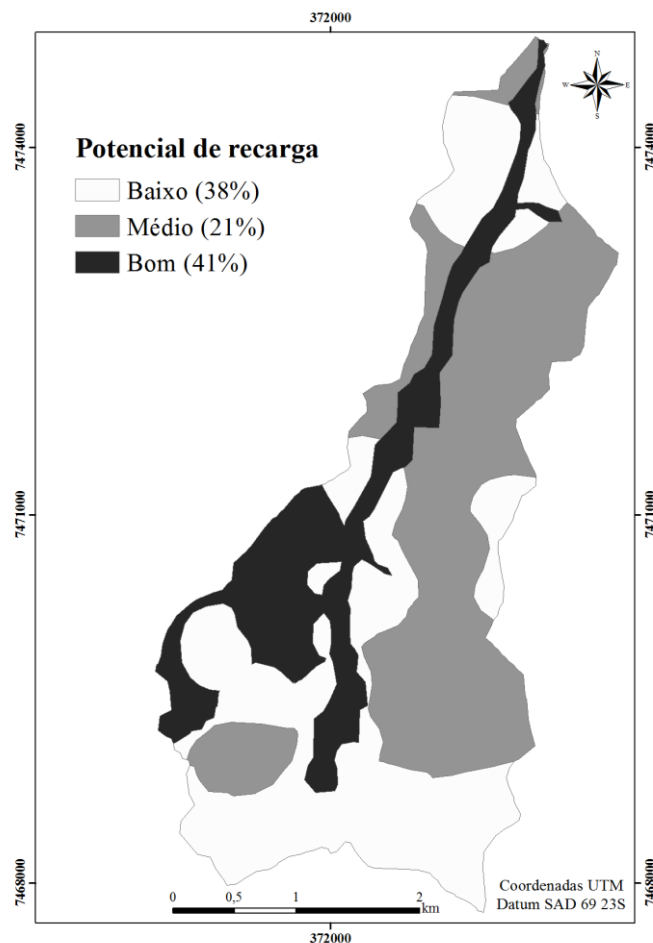


Figura 5. Mapa da potencialidade de recarga de água no solo da sub-bacia das Posses, Extrema (MG)

Solos com horizontes superficiais que apresentam maior teor de matéria orgânica e horizontes mais espessos favorecem a infiltração de água (Cambissolo Húmico). O Neossolo Flúvico também favorece a recarga de água principalmente devido à sua localização na parte baixa da sub-bacia, captando a água que escoar desde a cabeceira e, além disso, não há no perfil deste solo impedimentos físicos à infiltração, verificados durante os trabalhos de campo. O Cambissolo Háplico favorece o escoamento superficial em relação ao subterrâneo (Curi et al., 1994; Santos et al., 1998), bem como o Neossolo Litólico, que além das suas limitações morfológicas, sua localização na parte mais acidentada da sub-bacia não favorece a recarga.

O Neossolo Flúvico indica bom potencial de recarga por estar presente em uma posição privilegiada na paisagem, próximo à rede de drenagem, e devido apresentar relevo plano de várzea. O Cambissolo Háplico e o Neossolo Litólico estão associados à baixa infiltração, com consequente diminuição da sua contribuição em relação à recarga de água. Estudo em Cambissolos situados em relevo acidentado, em sub-bacia com Mata Atlântica, na região da Serra do Mar, indicam baixo potencial de recarga, devido ao potencial gravitacional da água nos solos mais declivosos ser maior em relação às áreas mais baixas, aumentando o escoamento na superfície e decrescendo a infiltração de água com o incremento da profundidade (Ranzini et al., 2004). Uma das alternativas para minimizar os efeitos do baixo potencial de recarga é a manutenção de uma eficiente cobertura vegetal, com destaque para a Mata Atlântica (Menezes et al., 2009), e implantação de práticas

adequadas de manejo que diminuam as perdas de água por erosão hídrica.

A manutenção dessa cobertura vegetal vai acarretar maior lentidão da movimentação de água em direção aos respectivos cursos, diminuição do escoamento superficial e influenciando, até mesmo, uma maior retenção de água pelos solos no período chuvoso (Cardoso et al., 2006).

É importante ressaltar, também, que os dados de precipitação são fundamentais para o controle da recarga, bem como para a previsão da quantidade de água acumulada. Não basta que o terreno tenha condições favoráveis, necessitando haver contribuição do ponto de vista pluviométrico (Souza et al., 2003). Para esta sub-bacia, o regime pluviométrico não é um fator limitante devido à adequada precipitação média anual (1.477 mm), além de uma razoável distribuição pluviométrica ao longo do ano (Mello et al., 2007).

O predomínio na sub-bacia de uso com pastagens degradadas, fases de relevo principalmente fortemente onduladas e onduladas, e manejo incorreto do solo, são as principais causas das perdas de solo e de água na sub-bacia, não favorecendo por este aspecto a recarga, podendo ocorrer uma redução da infiltração de água, mesmo em áreas com maior potencial natural para recarga.

Práticas conservacionistas do solo e de água são medidas necessárias para que a recarga de água seja incrementada. Deve-se levar em consideração que o emprego de práticas vegetativas e mecânicas de conservação do solo, bem como o cercamento das áreas de proteção permanente, tenderá a elevar o potencial de recarga, considerando-se que a rede de drenagem da sub-bacia favorece a infiltração de água.

CONCLUSÕES

Os atributos de solos e topográficos indicam uma potencialidade média / boa de recarga de água no solo em 62% da área, o que aliado aos atributos fisiográficos favoráveis desta sub-bacia de cabeceira apontam para uma condição

relativamente sustentável, a qual pode ainda ser melhorada com a implantação de práticas adequadas de conservação do solo e da água principalmente nos 38% restantes da sub-bacia.

AGRADECIMENTOS

À Prefeitura Municipal de Extrema, em nome do Diretor do Departamento de Meio Ambiente, Paulo Henrique Pereira, pelo apoio na obtenção dos dados, à CAPES e ao CNPq (Processo 201987/2012-0) pela concessão de bolsas de estudo e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo suporte financeiro. Projeto Financiado pela FAPEMIG processo CAG APQ 01423/11.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Programa produtor de água superintendência de usos múltiplos. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2008.
2. ARAÚJO, A. R. Solos da bacia do Alto Rio Grande (MG): base para estudos hidrológicos e aptidão agrícola. 2006. 332 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.
3. CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T.; MARTINS, S. V.; SOARES, C. P. B. Caracterização hidroambiental da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. Revista *Árvore*, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 249-256, mar. 2006.
4. COLLARES, E.G. Avaliação de alterações em redes de drenagem de microbacias como subsídio ao zoneamento geoambiental de bacias hidrográficas: aplicação na bacia do Rio Capivari. 2000. 193 f. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia, Universidade de São Paulo, São Carlos.
5. COSTA, T. C. C.; FIDALGO, E. C. C.; UZEDA, M. C.; ZARONI, M. J.; NAIME, U. J.; GUIMARÃES, S. P. Um indicador de vulnerabilidade para sub-bacias hidrográficas do Estado do Rio de Janeiro. *Geografia*, Londrina, v. 17, n. 2, p. 5-23, jul./dez. 2008.
6. CURI, N.; CHAGAS, C.S.; GIAROLA, N.F.B. Distinção de ambientes agrícolas e relações solo-pastagens nos Campos da Mantiqueira (MG). In: EVANGELISTA, A.R.; CARVALHO, M.M.; CURI, N. (Ed.). *Desenvolvimento de pastagens na zona fisiográfica Campos das Vertentes MG: reunião de trabalho sobre pastagens nativas e desenvolvimento de pastagens para o gado de leite das zonas dos Campos Vertentes*. Lavras: ESAL/EMBRAPA, 1994. p.21-43.
7. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solo. Procedimentos normativos de levantamentos pedológicos. Brasília: Embrapa – SPI, 1995. 101p.
8. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solo. Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro: CNPS, 2006. 94p.
9. Instituto Estadual de Florestas – IEF. Inventário Florestal de Minas Gerais, 2009. <http://www.inventarioflorestal.mg.gov.br/>
10. LIMA, G. C. Avaliação de atributos indicadores da qualidade do solo em relação à recarga de água na sub-bacia das Posses, Extrema (MG), 2010. 99 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.
11. MELLO, C. R. de ; SÁ, M. A. C.; CURI, N.; MELLO, J. M.; VIOLA, M. R.; SILVA, A. M. da . Erosividade mensal e anual da chuva no Estado de Minas Gerais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 42, n. 4, p. 537-545, 2007.
12. MENEZES, M. D.; JUNQUEIRA JÚNIOR, J. A.; MELLO, C. R.; SILVA, A. M.; CURI, N.; MARQUES, J. J. Dinâmica hidrológica de duas nascentes, associada ao uso do solo, características pedológicas e atributos físico-hídricos na Sub-bacia Hidrográfica do Ribeirão Lavrinha – Serra da Mantiqueira (MG). *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v. 37, n. 82, p. 175-184, jun. 2009.
13. OLIVEIRA, A. H.; SILVA, M. A. da; SILVA, M. L. N.; AVANZI, J. C.; CURI, N.; LIMA, G. C.; PEREIRA, P. H. Caracterização ambiental e predição dos teores de matéria orgânica do solo na Sub-Bacia do Salto, Extrema, MG. *Semina*, v. 33, n. 1, p. 143-154, jan./mar. 2012.
14. RANZINI, M.; RIGHETTO, A. M.; LIMA, W. P.; GUANDIQUE, M. E. G.; ARCOVA, F. C. S.; CICCIO, V. Processos hidrológicos de uma microbacia com Mata

- Atlântica, na região da Serra do Mar, SP. Scientia Forestalis, Piracicaba, n. 66, p. 108-119, dez. 2004.
15. SANTOS, D.; CURI, N.; FERREIRA, M.M.; EVANGELISTA, A.R.; CRUZ, A.B.; TEIXEIRA, W.G. Perdas de solo e produtividade de pastagens nativas melhoradas sob diferentes práticas de manejo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.33, n.2, p.183-189, fev. 1998.
16. SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. Manual de descrição e coleta de solos no campo. 5. ed. Viçosa: SBCS, 2005. 100 p.
17. SOUZA, A. L. N.; FERNANDES, V. H.; CARVALHO, L. G.; ANTUNES, M. A. H. Geoprocessamento para estudos de potencial hidrogeológico. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 21., 2003, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: Geoprocessamento para Estudos de Potencial Hidrogeológico, 2003. CD-ROM.
18. STRAHLER, A. N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. Transactions American Geophysical Union, Washington, v. 8, n. 6, p. 913-920, 1957.
19. TUCCI, C. E. M. Hidrologia: ciência e aplicação. 2. ed. Porto Alegre: ABRH, 1997.
20. TUCCI, C. E. M. Regionalização de vazões. Porto Alegre: Ed. UFRGS, 2002.
21. VILELLA, S. M.; MATTOS, A. Hidrologia aplicada. São Paulo: McGraw-Hill, 1975. 245 p.
22. WHATELY, M.; CUNHA, P. Cantareira 2006: um olhar sobre o maior manancial de água da Região Metropolitana de São Paulo: resultados do diagnóstico socioambiental participativo do sistema Cantareira. São Paulo: Instituto Socioambiental, 2007. 67 p.

Manuscrito recebido em: 29 de março de 2012

Revisado e Aceito em: 05 de abril de 2013