

AVALIAÇÃO DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL DE ÁGUA COMO SUBSÍDIO AO PAGAMENTO POR SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS, SÃO PAULO – BRASIL

¹Sérgio Gomes Tôsto, ²Lauro Charlet Pereira, ³Ademar Ribeiro Romeiro ⁴ João Alfredo de Carvalho Mangabeira, Ranulfo Paiva Sobrinho
^{1,4} Embrapa Monitoramento por Satélite; ²Embrapa Meio Ambiente; ^{3,5}Universidade Estadual de Campinas
tosto@cnpm.embrapa.br
Av. Soldado Passarinho, 303, Fazenda Chapadão, Campinas, São Paulo - Brasil
Tel. +55 19-3211-6200

RESUMO

O conhecimento do volume e da distribuição do escoamento superficial é fundamental para auxiliar na tomada de decisão para pagamento de serviços ecossistêmicos. O objetivo deste trabalho é estimar o volume de água escoado no município de Araras, SP, Brasil considerando a precipitação, umidade dos solos, tipo de cobertura do solo, manejo do solo e também valorar este serviço ecossistêmico pelo método de reposição preconizado pela Economia Ambiental. O objetivo deste trabalho é determinar, utilizando o método CN (número curva), o volume de água escoado no município de Araras, por tipo de cobertura do solo. Este serviço ecossistêmico (água) foi valorado pelo método de reposição, ou seja, quanto é que vale a reposição da água escoada. Foi utilizado o método da curva CN adaptado por (LOMBARDI NETO et al., 1989) e os resultados mostraram um maior escoamento de água na cana-de-açúcar queimada, pastagem, cultura anual (soja + milho), floresta secundária, citricultura e cafeicultura respectivamente.

Palavras chaves: Economia ambiental, sustentabilidade, manejo de água.

ABSTRACT

The knowledge of the volume and distribution of runoff is critical to assist in decision making payment for ecosystem services. The objective of this study is to estimate the volume of water flowing in the city of Araras, SP, Brazil considering the rainfall, humidity of soils, land cover type, soil management and also value this ecosystem service by the method recommended by the replacement Economy environmental. The objective of this part of the thesis is to determine, using the CN (curve number), the volume of water flowing in the city of Araras, by type of ground cover. This ecosystem service (water) was valued by the replacement method, ie, how much is it worth to replace the water drained. The method employed was adapted by the curve CN (LOMBARDI NETO et al., 1989) and the results showed a greater flow of water in the sugar cane burning, pasture, annual crop (soybean + maize), secondary forest, citrus and coffee respectively.

Keywords: Environmental economics, sustainability, water management

INTRODUÇÃO

O conhecimento do volume e da distribuição do escoamento superficial é fundamental para auxiliar na tomada de decisão direcionada para o controle da erosão rural e urbana, para o controle das inundações e dos projetos de engenharia hidráulica ou relacionada ao planejamento dos recursos hídricos.

No estudo de enxurradas e/ou enchentes máximas, uma falha na estimativa desses volumes pode acarretar grandes prejuízos. Uma vez superdimensionado, tem-se o desperdício de capital e, se subdimensionado, leva a grandes prejuízos com a falha da estrutura e, em muitos casos, coloca em risco a saúde ou até vidas humanas. No entanto, o escoamento sempre existiu, mas o homem o desafia, aterra grotas, canaliza córregos, faz plantios agrícolas sem pensar num manejo adequado, extrai argilas de várzeas ou até mesmo de nascentes para a indústria cerâmica, sem avaliar os efeitos que estas mudanças acarretarão no escoamento. Como consequência, aumentam as erosões rurais e surgem as erosões urbanas, principalmente em loteamentos, agravam-se as inundações nas cidades e o assoreamento de grotas, córregos, rios e lagos, provocando a morte de nascentes, reduzindo a capacidade dos lagos e diminuindo a capacidade de transporte líquido dos canais, intensificando as inundações.

METODOLOGIA

O método CN foi desenvolvido, em 1954, pelo Serviço de Conservação do Solo (SCS) do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos da América (USDA), que atualmente chama-se Serviço de Conservação dos Recursos Naturais (NRCS).

Sendo inicialmente desenvolvido para uso em áreas agrícolas, atualmente tem sido objeto de estudo, desenvolvimento e aplicação também em áreas urbanas. Devido a sua simplicidade, o método CN ganhou credibilidade e popularidade, sendo utilizado em vários países, tendo, porém, limitação de área quanto a sua aplicação, isto é, recomenda-se evitar o seu uso em áreas superiores a 250 km², sem subdividi-las (PONCE e HAWKINS, 1996).

Segundo Sartori (2004), o uso frequente do método está ligado diretamente a sua simplicidade, dependendo apenas de três variáveis: precipitação, umidade antecedente do solo e do complexo hidrológico solo-cobertura.

A precipitação excedente total é determinada pela equação (USBR, 1977):

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S}, \text{ se } P > 0.2 S$$

sendo que Q é o escoamento superficial (em mm), P a precipitação (mm), S o potencial de infiltração máximo, após o início do escoamento superficial.

Segundo Sartori (2004), para que o cálculo do escoamento direto Q seja feito a partir de uma determinada precipitação P, existe a necessidade de uma estimativa média para a variável desconhecida S. Assim, visando uma aplicação mais prática da equação (1), foi elaborado pelo SCS o número da curva de escoamento superficial, o CN. Este parâmetro adimensional representa os efeitos da combinação do grupo hidrológico do solo com o tipo de cobertura e tratamento da terra sobre o escoamento superficial. Estas curvas foram numeradas de 0 a 100 e S está relacionado ao CN por:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

Sartori (2004) descreve as características dos quatro grupos hidrológicos de solos definidos por Lombardi Neto et al. (1989), cuja descrição é reproduzida a seguir:

Grupo A: Inclui solos com alta taxa de infiltração, mesmo quando completamente molhados e com alto grau de resistência e de tolerância à erosão. Eles normalmente são profundos ou muito profundos, porosos, com baixo gradiente textural, menor que 1,20, de textura média, argilosa ou mesmo muito argilosa, desde que a estrutura proporcione alta macroporosidade em todo o perfil, resultando em solos bem drenados ou excessivamente drenados. A permeabilidade das camadas superficial/subsuperficial, segundo Manual para Levantamento Utilitário do Meio Físico e Classificação de Terras no Sistema de Capacidade de Uso (LEPSCH et al., 1991), deve ser rápida tanto na camada superficial como na subsuperficial (1/1) ou pelo menos moderada na camada superficial e rápida na subsuperficial (2/1), porém, a textura da camada não deve ser arenosa.

Grupo B: Compreende os solos com moderada taxa de infiltração, mesmo quando completamente molhados ou com alta taxa de infiltração, mas com moderada resistência e tolerância à erosão. São normalmente profundos, com relação textural entre 1,20 a 1,50. A permeabilidade das camadas superficial/subsuperficial, segundo Manual para Levantamento Utilitário do Meio Físico e Classificação de Terras no Sistema de Capacidade de Uso (LEPSCH et al., 1991), deve ser rápida/moderada (1/2) ou rápida/rápida (1/1), neste último caso só quando o horizonte A é arenoso. A drenagem do perfil é boa ou moderada.

Grupo C: Enquadram-se neste grupo os solos com baixa taxa de infiltração mesmo quando completamente molhados, com baixa resistência e tolerância à erosão. São normalmente profundos ou moderadamente profundos, com relação textural maior que 1,5, comumente apresentando relação textural abrupta. A permeabilidade das camadas superficial/subsuperficial, segundo Manual para Levantamento Utilitário do Meio Físico e Classificação de Terras no Sistema de Capacidade de Uso (LEPSCH et al., 1991), deve ser lenta/moderada (3/2), lenta/rápida (3/1) ou rápida/moderada (1/2).

Grupo D: Possui solos com taxa de infiltração muito baixa, mesmo quando completamente molhados, e muito baixa resistência e tolerância à erosão. São normalmente rasos e/ou permeáveis ou então com mudança textural abrupta aliada à argila de alta atividade (Ta) ou ainda com camada de impedimento à infiltração de água (piçarra, fragipã, etc.). A permeabilidade das camadas superficial/subsuperficial, segundo Manual para Levantamento Utilitário do Meio Físico e Classificação de Terras no Sistema de Capacidade de Uso (LEPSCH et al., 1991), são lenta/lenta (3/3), moderada/lenta (2/3), rápida/lenta (1/3).

Para facilitar e simplificar os trabalhos, principalmente para a classificação hidrológica dos solos, as classes de solo definidas no mapa de solo foram agrupados por tipo de solo, dando origem aos Hi (hidromórficos), LE (Latosolos vermelho escuro), LR (Latosolos roxo), LV (latossolo vermelho amarelo), Li (Litólicos), PV (Podzólicos) e TE (Terra roxa estruturada).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O escoamento superficial de água determinado pela curva CN pode ser entendido como aquele que deveria ser retido pelo solo. A tabela 1 mostra as vazões de água escoada no município, considerando os manejos adotados em cada atividade e o tipo de solo.

Tabela 1 - Escoamento de água superficial de acordo com o uso e cobertura das terras

USO E COBERTURA	ESCOAMENTO DE ÁGUA SUPERFICIAL (mm)
Cana-de-açúcar crua	166
Cana-de-açúcar queimada	283
Citricultura	10
Cafeicultura	6
Cultura anual (soja+milho)	215
Pastagem	263
Floresta secundária	111
TOTAL	1.054

Fonte: Dados gerados pela pesquisa.

Os resultados parecem coerentes, ou seja, esperava-se um maior escoamento de água na cana-de-açúcar queimada do que na cana-de-açúcar mecanizada (cana crua), principalmente pelos benefícios advindos da incorporação da fitomassa no solo da cana mecanizada, o que favorece a infiltração. Esperava-se, também, uma alta vazão de escoamento para as culturas anuais e pastagens. Para as culturas anuais, devido à constante utilização de maquinários no preparo do solo, com o tempo ocasiona uma maior densidade dificultando a infiltração de água no solo. Também o pisoteamento causa o efeito do adensamento do solo e, conseqüentemente, leva a uma maior densidade, o que dificulta a infiltração da água, favorecendo, assim, uma maior vazão de escoamento superficial. A boa cobertura do solo para as culturas de café e de citrus leva a uma maior infiltração de água, diminuindo o escoamento, no entanto, deve-se observar que a cobertura dessas duas atividades é feita com capim, o que do ponto de vista químico do solo, não é tão eficaz quanto o uso de uma planta leguminosa.

O resultado relativo à floresta secundária com um escoamento maior do que o esperado pode ser explicado pela avançada antropização da área e, a natureza dos solos com pequena profundidade (solos litólicos) e, um relevo acidentado facilitando assim, o escoamento superficial.

Os resultados econômicos mostram uma grande variação do valor econômico do serviço ecossistêmico, dependendo do preço praticado. Sendo que a contribuição de água escoada é maior na cultura da cana-de-açúcar crua devido a sua maior área de cultivo, independente do preço utilizado, conforme ilustrado na tabela 2.

Os preços utilizados para o cálculo do valor econômico de água perdida tomou-se como base o preço de R\$0,0003/m³ de água estabelecidos pelo comitê de bacias hidrográficas do rio Piracicaba, Corumbataí e Jundiaí, sendo esta uma bacia estadual e, o preço de R\$0,0005/m³ praticado pelo comitê de bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, sendo esta uma bacia federal. Finalmente, foi considerado preço de R\$1,52 por metro cúbico de água, parâmetro este que considera a água para ser utilizada na irrigação. Os valores estimados devem ser observados com cautela, dada a sua grande variação. Neste trabalho, será adotado o valor de R\$1,52 por entender que a água escoada superficialmente só poderia retornar via irrigação.

Os preços utilizados para o cálculo do valor econômico de água perdida foram tomados com base no valor de R\$ 0,0003/m³ e R\$0,0005/m³ são praticado por dois Comitês de Bacia Hidrográfica, foi considerado também o preço de R\$1,52 /m³ parâmetro que considera a água para ser utilizada na irrigação (TÔSTO, 2010). Os

resultados monetários mostram uma grande variação do valor econômico do serviço ecossistêmico, dependendo do preço praticado, conforme mostra a Tabela 3.

Tabela 3 - Precificação da água escoada no município de Araras

USO	M ³ .ANO ⁻¹	PREÇO R\$ 0,0003	PREÇO R\$ 0,0005	PREÇO R\$ 1,52
Cana crua	42.348.096	12.704,00	21.174,00	64.369.105,00
Cana queimada	25.713.895	7.714,00	12.857,00	39.085.120,00
Citricultura	1.141.773	343,00	571,00	1.735.494,00
Cafeicultura	20.121	6,00	10,00	30.583,00
Cultura anual (soja + milho)	3.633.536	1.090,00	1.817,00	5.522.974,00
Pastagem	3.507.016	1.052,00	1.754,00	5.330.664,00
Floresta secundária	3.333.280	1.000,00	1.667,00	5.066.585,00
TOTAL	79.697.717	23.909,00	39.850,00	121.140.525,00

Fonte: Dados gerados pela pesquisa em R\$1,00 que é igual a US\$1,75.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

LEPSCH, I. F.; BELLINAZZI JR. R.; BERTOLINI, D.; ESPÍNDOLA, C.R. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. 4ª aproximação. Campinas: SBCS, 1991, 175p.

LOMBARDI NETO, F.; BELLINAZZI JÚNIOR, R.; GALETI, P. A.; BERTOLINI, D.; LEPSCH, I. F.; OLIVEIRA, J. B. Nova abordagem para cálculo de espaçamento entre terraços. In: **Simpósio sobre terraceamento agrícola**, Campinas, 1989. Fundação Cargill. p. 99-124.

LOMBARDI NETO, F.; BELLINAZZI JÚNIOR, R.; GALETI, P. A.; BERTOLINI, D.; LEPSCH, I. F.; OLIVEIRA, J. B. Nova abordagem para cálculo de espaçamento entre terraços. In: **Simpósio sobre terraceamento agrícola**, Campinas, 1989. Fundação Cargill. p. 99-124.

PONCE, V. M.; HAWKINS, R. H. Runoff Curve Number: Has it Reached Maturity ? **Journal of Hydrologic Engineering**. v. 1, n. 1, p. 11-19, 1996.

SARTORI, A. **Avaliação da classificação hidrológica do solo para a determinação do excesso de chuva do método do serviço de conservação do solo dos Estados Unidos**. Dissertação (Mestrado)–FEC/UNICAMP, 2004.

TÔSTO, S.G. **Sustentabilidade e valoração de serviços ecossistêmicos no espaço rural do município de Araras, SP**. Tese de Doutorado. Instituto de Economia, UNICAMP, Campinas, 2010. 217 p.

USBR. U.S. Bureau of Reclamation – United States Department of the interior. **Design of Small Dams**. México, DF: Companhia Editorial S.A., 1977. 639p.

