

A SERRAPILHEIRA INFLUENCIA NOS PROCESSOS HIDROLÓGICOS EM ÁREA DE CERRADO?

Jamil A. A. Anache^{1*} & Livia M. P. Rosalem¹ & Edson C. Wendland¹

Resumo – No Cerrado brasileiro, poucos estudos comprovam a influência da serrapilheira em processos hidrológicos. Logo, objetivou-se verificar como os processos hidrológicos (evapotranspiração, componentes do balanço energético, precipitação, escoamento superficial e erosão do solo) são influenciados pela serrapilheira em área de Cerrado *sensu stricto*. Em 2015 e 2016 foram monitorados temperatura, umidade relativa, precipitação, velocidade e direção do vento, escoamento superficial, erosão do solo, saldo de radiação e fluxo de calor no solo. Posteriormente, foram calculados coeficientes de correlação e aplicadas técnicas de análise multivariada (agrupamento e componentes principais). Correlações moderadas apontam que o acúmulo de serrapilheira na superfície do solo em área de Cerrado nativo diminui o escoamento superficial e a erosão do solo. Duas componentes principais explicam mais de 80% das correlações existentes entre os processos hidrológicos e a serrapilheira, sendo a primeira composta por variáveis ligadas aos balanços de água e energia e a segunda contendo os adimensionais que caracterizam o movimento de massa na superfície do solo. Há indícios que o fluxo de calor no solo é influenciado pela serrapilheira.

Palavras-Chave – Escoamento superficial, erosão do solo, evapotranspiração.

DOES THE LITTER INFLUENCE ON THE HYDROLOGICAL PROCESSES IN A CERRADO AREA?

Abstract – In the Brazilian Cerrado, few studies prove that the litter may influence on the hydrological processes. Thus, the aim was to verify which hydrological processes (evapotranspiration, energy balance components, precipitation, runoff, and soil erosion) are influenced by the litter in a Cerrado *sensu stricto* area. During 2015 and 2016, it was monitored the temperature, relative humidity, precipitation, wind speed and direction, runoff, soil erosion, net radiation and soil heat flux. Aftermath, correlation coefficients were calculated, and multivariate analysis techniques (cluster and principal components) were performed. Moderate correlations points out that the litter accumulation above the soil in the Cerrado reduce overland flow and soil erosion. Moreover, two principal components explain more than 80% of the existing correlations between the hydrological processes and forest litter. The first component contains the water and energy balance variables, and the second groups the mass movement's coefficients. In addition, the soil heat flux may be regulated by the amount of litter accumulated above the soil.

Keywords – Runoff, soil erosion, evapotranspiration.

INTRODUÇÃO

A serrapilheira é definida como o material acumulado na superfície do solo de áreas florestais provenientes das copas das árvores e das plantas de sub-bosque (Dias e Oliveira-Filho, 1997). Há indícios em áreas nativas de Cerrado *sensu stricto* de que esta componente das florestas possa

¹ Afiliação: Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, Avenida Trabalhador Sancarlene, 400, CEP 13566-590, São Carlos, SP, Brasil, +55 16 3373 8270, jamil.anache@usp.br, liviamp@usp.br, ew@sc.usp.br.

exercer algum controle sobre os processos hidrológicos como o escoamento superficial e a erosão do solo (Oliveira *et al.*, 2015).

O Cerrado brasileiro serve como importante regulador de troca de energia e massa com a atmosfera. Apesar disso, os efeitos das interações entre os diferentes componentes desta vegetação heterogênea (serrapilheira, gramíneas, plantas de sub-bosque e grandes árvores com raízes profundas) e os fluxos de água do Cerrado não são bem compreendidos (Giambelluca *et al.*, 2009).

Porém, pouca atenção é dada à serrapilheira no contexto da hidrologia de florestas, embora esta desempenhe grande influência em mecanismos que precedem a infiltração e o escoamento superficial. Tal fato pode ser justificado pela dificuldade no monitoramento das funções hidrológicas da serrapilheira, que possui variação espaço-temporal (Tsiko *et al.*, 2012).

Portanto, o objetivo deste trabalho foi verificar quais os processos hidrológicos (evapotranspiração, componentes do balanço energético, escoamento superficial e erosão do solo) são influenciados pela variação do acúmulo de serrapilheira em área de Cerrado *sensu stricto*.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento está localizado no município de Itirapina, Estado de São Paulo (Figura 1A), sendo a pecuária o uso predominante do solo. A precipitação média anual é cerca de 1500 mm (Cabrera *et al.*, 2016) e de acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é considerado como subtropical úmido, com verão quente e inverno seco (Cwa) (Alvares *et al.*, 2014). O solo característico da área de estudo é o Neossolo Quartzarênico órtico (RQo), de textura arenosa (Oliveira *et al.*, 2015). Os dados utilizados neste estudo foram coletados nos anos de 2015 e 2016.

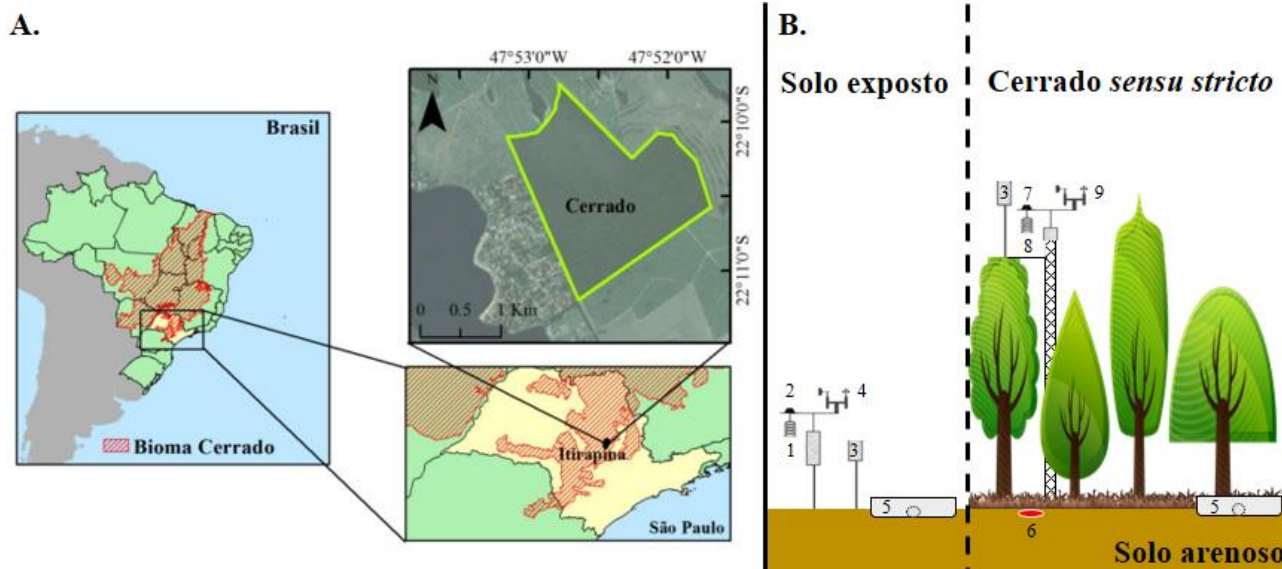


Figura 1 – Localização da área de estudo (A) e variáveis monitoradas (B): temperatura e umidade relativa a 2 m (1), radiação solar a 2 m (2), precipitação a 2 m e 11 m (3); velocidade e direção do vento (4); escoamento superficial e erosão do solo (5); fluxo de calor no solo (6); saldo de radiação (7); temperatura e umidade relativa a 11 m (8); velocidade e direção do vento a 11 m (9).

Durante os anos de 2015 e 2016, foram monitorados temperatura (T), umidade relativa (UR), precipitação (P), velocidade (WS) e direção do vento (WD), escoamento superficial (ES), erosão do solo (PS), saldo de radiação (Rn) e fluxo de calor no solo (G), com instrumentos distribuídos na área experimental (Figura 1B).

Chapas metálicas conduzem o escoamento superficial de parcelas experimentais (100m²) para sistemas coletores em áreas de Cerrado *sensu stricto* e solo exposto (Figura 1B). Estes sistemas (Figura 2) são compostos por calhas que conduzem a água e o solo erodido para tubos ligados a sistemas de reservatórios com três recipientes plásticos conectados. O sistema tem capacidade para armazenar 17100 L (171 mm) para amostrar e estimar a quantidade de material decorrente do escoamento superficial. Os sedimentos decorrentes da perda de solo ficam retidos nas calhas (fração seca) e nas caixas (fração em suspensão na água do escoamento superficial). Assim, foi possível mensurar a massa de material erodido integrando-se as duas frações.

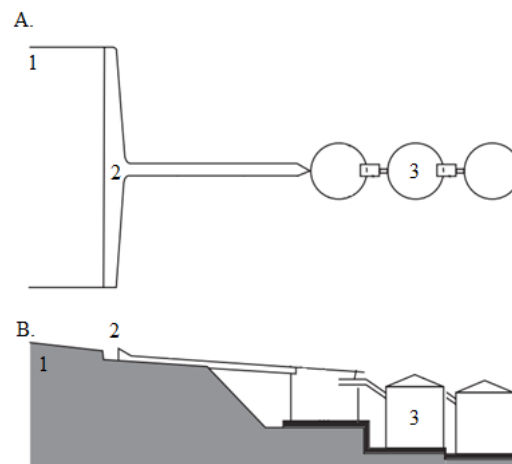


Figura 2 – Vista superior (A) e lateral (B) do modelo de parcela que foi utilizado para quantificar a erosão do solo e o balanço hídrico em campo, sendo 1: Bordas de chapa metálica; 2: coletor de escoamento superficial; 3: Sistema de tanques e divisores. Adaptado de Morgan (2009).

Após a determinação do escoamento superficial em áreas com e sem cobertura vegetal (Figura 1B), foram calculados para o Cerrado *sensu stricto*, os adimensionais coeficiente de escoamento superficial e razão de perda de solo, a partir das equações 1 e 2, respectivamente.

$$CES_{\text{cerrado}} = ES_{\text{cerrado}}/P \quad (1)$$

$$RPS_{\text{cerrado}} = PS_{\text{cerrado}}/PS_{\text{solo exposto}} \quad (2)$$

Em que: CES é o coeficiente de escoamento superficial, ES é a taxa de escoamento superficial (mm), P é a precipitação (mm), RPS é a razão de perda de solo, e PS é a taxa de perda de solo (ton. ha⁻¹).

A evapotranspiração foi estimada através de técnica micrometeorológica baseada no balanço de energia simplificado (Priestley e Taylor, 1972) (equação 3). O coeficiente de Priestley e Taylor (α) para o Cerrado *sensu stricto* foi obtido a partir do trabalho de Cabral *et al.* (2015) e o restante das variáveis foram coletadas por sensores instalados na área de estudo, descritos pela Figura 1B.

$$ET = \alpha (1/\lambda)[s(Rn - G)/s + \gamma] \quad (3)$$

Em que: α é o coeficiente de Priestley e Taylor, λ é o calor latente de vaporização, s é a declividade da curva de pressão de vapor (kPa °C⁻¹), γ é a constante psicrométrica, Rn é o saldo de radiação (MJ m⁻² d⁻¹), e G é o fluxo de calor no solo (MJ m⁻² d⁻¹).

Foram realizadas coletas mensais de serrapilheira nos anos de 2015 e 2016, na área de estudo, com o propósito de analisar a variação mensal de massa seca na área. Foram coletadas ao final de cada mês, 3 amostras de serrapilheira cobrindo áreas de 0,25 m² (50 cm x 50 cm), em locais selecionados aleatoriamente e distantes entre si pelo menos 10 metros. A serrapilheira foi coletada manualmente, retirando-se todo o material não vivo da superfície. A Figura 3 ilustra um local onde

a serrapilheira foi extraída. Após ser retirado, o material vegetal foi acondicionado em sacos plásticos e levado para o laboratório, sendo então colocado em estufa a 100 °C durante 24 horas visando obter os valores de massa seca para cada amostra.



Figura 3 – Exemplo de amostragem de serrapilheira (0,25 m² de área de coletada). Adaptado de Rosalem *et al.* (2016).

Os dados observados não violaram a hipótese de normalidade ($P > 0,05$). Logo, o coeficiente de correlação de Pearson foi utilizado para verificar as relações entre a produção de serrapilheira (SR) e as variáveis monitoradas na área de estudo (P, ET, CES, CPS, Rn e G). Estatística multivariada foi aplicada através do agrupamento de variáveis (clusters) e da análise de componentes principais (ACP) (Ruhoff *et al.*, 2009). O foco foi identificar as relações e agrupamentos das variáveis observadas, e assim evidenciar a possível função da serrapilheira nos processos ambientais que ocorrem no Cerrado *sensu stricto*.

RESULTADOS

A produção trimestral de serrapilheira variou ao longo do ano (Rosalem *et al.*, 2016), com os picos acontecendo no inverno em 2015 e na primavera em 2016. As variáveis ligadas à disponibilidade de energia para a vegetação (Rn e G) concentram seus picos na primavera e no verão, assim como as variáveis ligadas ao balanço hídrico (P, ET e ES), concordando com estimativas feitas por Oliveira *et al.* (2015) e Cabral *et al.* (2015).

Tabela 1. Dados monitorados na área de estudo acumulados por estações do ano. Em que: SR (produção de serrapilheira), P (precipitação), ET (evapotranspiração), ES (escoamento superficial), PS (perda de solo), CES (coeficiente de escoamento superficial), RPS (razão de perda de solo), Rn (saldo de radiação); G (fluxo de calor no solo); valores de PS para Cerrado *sensu stricto*^a e solo exposto^b.

| Ano | Estação | SR | P | ET | ES | PS ^a | PS ^b | CES | RPS | Rn | G |
|------|-----------|--------------------|-----|-----|------|-----------------------|-----------------|--------------|-------|--------------------|-------|
| | | kg m ⁻² | mm | | | ton. ha ⁻¹ | | adimensional | | MJ m ⁻² | |
| 2015 | Verão | 1,26 | 562 | 368 | 0,92 | 0,09 | 8,35 | 0,16% | 1,11% | 160 | 0,36 |
| 2015 | Outono | 1,26 | 160 | 201 | 0,33 | 0,04 | 4,32 | 0,21% | 0,93% | 95 | -3,73 |
| 2015 | Inverno | 1,74 | 236 | 178 | 0,19 | 0,02 | 2,61 | 0,08% | 0,69% | 100 | -0,97 |
| 2015 | Primavera | 1,50 | 525 | 417 | 0,86 | 0,02 | 7,74 | 0,16% | 0,25% | 159 | 0,95 |
| 2016 | Verão | 1,35 | 778 | 385 | 0,82 | 0,08 | 12,60 | 0,10% | 0,61% | 155 | -0,35 |
| 2016 | Outono | 0,95 | 100 | 216 | 0,34 | 0,02 | 3,01 | 0,34% | 0,83% | 102 | -3,72 |
| 2016 | Inverno | 1,27 | 72 | 189 | 0,03 | 0,01 | 0,68 | 0,04% | 0,84% | 109 | -1,38 |
| 2016 | Primavera | 2,29 | 432 | 421 | 0,44 | 0,02 | 4,65 | 0,10% | 0,48% | 165 | 1,08 |

As correlações moderadas negativas relacionam a produção de serrapilheira (SR) e os adimensionais CES e RPS, que estão relacionadas com o movimento de água e solo na superfície do Cerrado (Tabela 2). Deste modo, a serrapilheira tem influência no controle do escoamento

superficial e da erosão do solo. Além disso, a produção de serrapilheira (SR) é diretamente proporcional ao fluxo de calor do solo (G) de forma moderada, sugerindo que a disponibilidade de energia na camada superficial do solo pode ser controlada pela serrapilheira. Entretanto, G está diretamente relacionado com o saldo de radiação (Rn), que é a energia disponível para a vegetação.

Tabela 2. Correlação da produção da serrapilheira nos anos de 2015 e 2016 em área de Cerrado *sensu stricto* com variáveis monitoradas no mesmo período. Em que: P (precipitação), ET (evapotranspiração), CES (coeficiente de escoamento superficial), RPS (razão de perda de solo), Rn (saldo de radiação); G (fluxo de calor no solo).

| P | ET | CES | RPS | Rn | G |
|-----------|-----------|------------|------------|-----------|-----------|
| 0,240 (3) | 0,420 (2) | -0,542 (1) | -0,531 (1) | 0,425 (2) | 0,642 (1) |

Significância (P valor): (1) 0-20%; (2) 21-40%; (3) 41-60%; (4) 61-80%; (5) 81-100%.

Duas componentes principais representam 80,2% dos autovalores e autovetores da matriz de correlação das variáveis observadas (Figura 4). As variáveis podem ser agrupadas em três grupos: o primeiro das variáveis ligadas ao balanço hídrico e energético (P, ET, Rn e G), que variam no mesmo sentido, conforme encontrou Ruhoff *et al.* (2009); o segundo, que inclui os adimensionais que representam o transporte de massa na superfície do solo (CES e RPS). O terceiro agrupamento inclui apenas a quantidade de serrapilheira (SR), a única variável que representa o possível nível de proteção do solo. O primeiro grupo possui comportamento diretamente proporcional ao segundo e terceiro grupos. Entretanto, o segundo e o terceiro grupo possuem direções distintas entre si, conforme já evidenciado pelos coeficientes de correlação da Tabela 2.

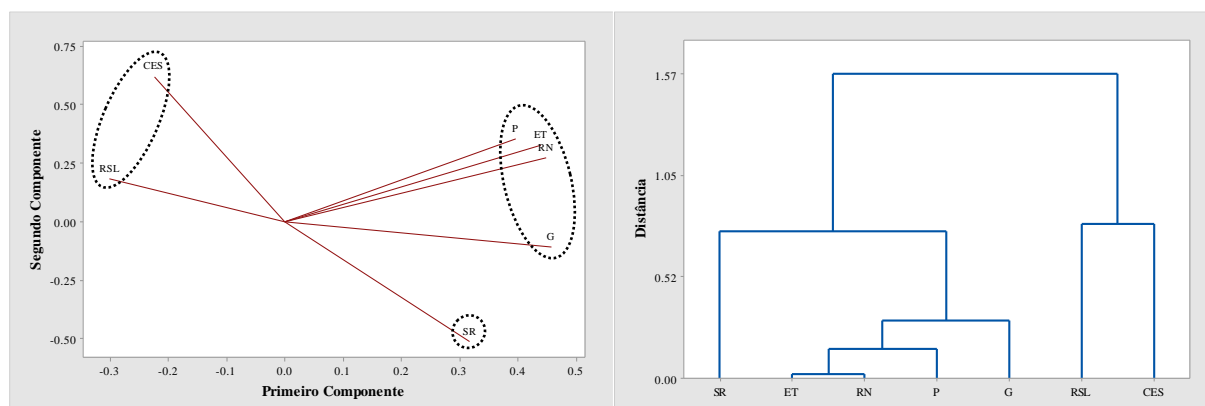


Figura 4. Modos das componentes principais (esquerda) e agrupamento (direita) das variáveis observadas na área de Cerrado *sensu stricto*, em que: P (precipitação), ET (evapotranspiração), CES (coeficiente de escoamento superficial), RPS (razão de perda de solo), Rn (saldo de radiação); G (fluxo de calor no solo).

CONCLUSÃO

Há correlação entre a produção de serrapilheira e os processos hidrológicos em área de Cerrado *sensu stricto*, representados pelo coeficiente de escoamento superficial e pela razão de perda de solo, que decrescem com o acúmulo de serrapilheira na superfície do solo.

Dentre as variáveis que representam os processos do balanço hídrico e energético no Cerrado *sensu stricto*, o fluxo de calor no solo (G) é o mais influenciado pela quantidade de serrapilheira na superfície do solo. Entretanto, o saldo de radiação (Rn) é a variável que possui o comportamento mais semelhante, e portanto, exerce maior influência sobre a referida variável do que a serrapilheira.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. (2014). Koppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift* 22 (6), pp. 711-728.
- CABRAL, O. M. R.; DA ROCHA, H. R.; GASH, J. H.; FREITAS, H. C.; LIGO, M. A. V. (2015). Water and energy fluxes from a woodland savanna (cerrado) in southeast Brazil. *Journal of Hydrology: Regional Studies* 4, pp. 22-40.
- CABRERA, M. C. M.; ANACHE, J. A. A.; YOULTON, C.; WENDLAND, E. (2016). Performance of evaporation estimation methods compared with standard 20 m² tank. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 20 (10), pp. 874-879.
- DIAS, H. C. T.; OLIVEIRA-FILHO, A. D. (1997). Variação temporal e espacial da produção de serrapilheira em uma área de floresta estacional semidecídua montana em Lavras-MG. *Revista Árvore* 21 (1), pp. 11-26.
- GIAMBELLUCA, T. W.; SCHOLZ, F. G.; BUCCI, S. J.; MEINZER, F. C.; GOLDSTEIN, G.; HOFFMANN, W. A.; FRANCO, A. C.; BUCHERT, M. P. (2009). Evapotranspiration and energy balance of Brazilian savannas with contrasting tree density. *Agricultural and Forest Meteorology* 149 (8), pp. 1365-1376.
- MORGAN, R. P. C. (2009). *Soil Erosion and Conservation*. Wiley, p. 304
- OLIVEIRA, P. T. S.; NEARING, M. A.; WENDLAND, E. (2015). Orders of magnitude increase in soil erosion associated with land use change from native to cultivated vegetation in a Brazilian savannah environment. *Earth Surface Processes and Landforms*.
- OLIVEIRA, P. T. S.; WENDLAND, E.; NEARING, M. A.; SCOTT, R. L.; ROSOLEM, R.; DA ROCHA, H. R. (2015). The water balance components of undisturbed tropical woodlands in the Brazilian cerrado. *Hydrology and Earth System Sciences* 19 (6), pp. 2899-2910.
- PRIESTLEY, C. H. B.; TAYLOR, R. J. (1972). On the Assessment of Surface Heat Flux and Evaporation Using Large-Scale Parameters. *Monthly Weather Review* 100 (2), pp. 81-92.
- ROSALEM, L. M. P.; CABRERA, M. C. M.; LEITE, C. M. C.; ANACHE, J. A. A.; WENDLAND, E. (2016). A produção de serrapilheira no Cerrado e sua relação temporal com o balanço hídrico climatológico. In: *Anais do XIX Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas*, Campinas, SP.
- RUHOFF, A. L.; SALDANHA, C. B.; COLLISCHONN, W.; UVO, C. B.; ROCHA, H. B.; CABRAL, O. M. R. (2009). Análise Multivariada do Processo de Evapotranspiração em Áreas de Cerrado e Cana-de-Açúcar. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos* 14 (4), pp. 137-146.
- TSIKO, C. T.; MAKURIRA, H.; GERRITS, A. M. J.; SAVENIJE, H. H. G. (2012). Measuring forest floor and canopy interception in a savannah ecosystem. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C* 47-48, pp. 122-127.