

VARIAÇÃO DA PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS ENTRE 1985 E 2017 NA BACIA DO RIO SÃO LOURENÇO

Rafael Mingoti¹, Isabelle Caroline Ribeiro Sais², Carlos Roberto Padovani³, Debora Fernandes Calheiros⁴, Marcia Divina De Oliveira⁵

¹Embrapa Territorial, Av. Soldado Passarinho 303 - CEP: 13070-115 - Campinas-SP, rafael.mingoti@embrapa.br; ⁵Unicamp, Rua Carlos Gomes 250 - CEP: 13083-855 - Campinas, SP, isabellersais@gmail.com; ³Embrapa Pantanal, Rua 21 de Setembro 1.880 - CEP:79320-900 – Corumbá-MS, carlos.padovani@embrapa.br; ⁴Embrapa Pantanal/UFMT, Rua 21 de Setembro 1.880 - CEP:79320-900 – Corumbá-MS, debora.calheiros@embrapa.br; e ⁵Embrapa Pantanal, Rua 21 de Setembro 1.880 - CEP:79320-900 – Corumbá-MS, marcia.divina@embrapa.br

RESUMO

O presente artigo compara o efeito da alteração do uso e cobertura da terra na estimativa de produção de sedimentos da sub-bacia do alto Rio São Lourenço, localizada na Bacia do Alto Paraguai, entre os anos de 1985 e 2017. Verificou-se que no período analisado a supressão de vegetação nativa foi de 26,7%. Utilizando o modelo hidrológico SWAT e analisando os resultados estimados de maneira comparativa, foi estimado que as alterações de uso e cobertura da terra promoveram aumento médio de 8% na produção de sedimentos. As sub-bacias com maiores aumentos de carga de sedimentos apresentaram avanço de “Alteração Antrópica”, enquanto as com maiores diminuições tiveram acréscimo de “Savana Florestada” e “Savana Arborizada”. As regiões em que a mudança no uso e ocupação acarretou maior aumento na produção de sedimentos estão localizadas nos municípios de Alto Garças/MT, Pedra Preta/MT, Itiquira/MT, Rondonópolis/MT, Dom Aquino/MT, Jaciara/MT e Campo Verde/MT.

Palavras-chave — Pantanal, Rio São Lourenço, Modelagem Hidrológica, Uso e Cobertura da Terra, Produção de Sedimentos.

ABSTRACT

The present paper compares the changes of land use and land cover on the sediment yield in the Upper São sub-basin, located in the Upper Paraguay basin, between the years of 1985 and 2017. Using the SWAT hydrological model and analyzing the results in a relative way, with the concept of relative reduction of sediment yield, we estimated that the land use and land cover changes promoted a relative reduction of 8% of the sediment yield. The sub-basins with the highest increases of sediment yield showed an increase of anthropic use, while the ones with the greatest decreases of sediment yield had improved the areas of forest savanna. The highest of sediment yield occurred in the municipalities of Alto Garças/MT, Pedra Preta/MT, Itiquira/MT, Rondonópolis/MT, Dom Aquino/MT, Jaciara/MT and Campo Verde/MT.

Key words — Pantanal, São Lourenço River, Hydrological Modeling, Land Use Land Cover, Sediment Yield.

1. INTRODUÇÃO

O Pantanal Mato-Grossense brasileiro situa-se na Bacia do Alto Paraguai (BAP) e constitui a maior planície inundável em extensão da América do Sul, assim como uma das maiores do mundo. Sua importância é reflexo de sua biogeografia singular e da dinâmica de cheias nas partes baixas da bacia hidrográfica, alimentada, sobretudo, pelas cabeceiras dos rios situadas no planalto circundante [1].

Nas últimas décadas, em decorrência das práticas empregadas pela pecuária e a agricultura, principais atividades econômicas da região, grande parte da extensão do Planalto Pantaneiro foi convertida de área vegetativa natural para área antrópica, onde a exploração intensiva fez com que a produção de sedimentos aumentasse [2], indicando a importância das práticas adequadas de manejo do solo e da paisagem, de forma a conservar a biodiversidade e os processos hidrológicos e ecológicos de forma segura e sustentável. O desmatamento e o manejo inadequado do solo podem acarretar em problemas ambientais como erosões e assoreamento, além de dificultar a recarga do lençol freático entre outros processos hidrológicos e ambientais.

Sendo assim, o presente estudo se debruçou sobre parte de planalto da bacia hidrográfica do rio São Lourenço (BSL), uma das sub-bacias da BAP, com o objetivo de quantificar os efeitos das alterações de uso e cobertura da terra na produção de sedimentos, entre os anos de 1985 e 2017.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A porção de planalto da BSL está localizada na região sudeste do estado do Mato Grosso, entre as coordenadas 55° 35' O 15° 21' S e 53° 30' O 17° 14' S e, considerando o posto fluviométrico “Acima do Córrego Grande”, essa bacia possui área de drenagem de 23.000 Km² [3].

A estimativa da produção de sedimentos foi realizada por meio do modelo hidrológico SWAT - *Soil and Water Assessment Tool* [4].

Foram utilizados os seguintes dados de entrada para o modelo hidrológico: mapas de uso e cobertura da terra da BAP dos anos de 1985 e 2017 [5]; mapa pedológico da BAP [6]; Modelo digital de elevação (MDE) do projeto *Shuttle Radar Topographic Mission* (SRTM), disponibilizado pelo *United States Geological Survey* (USGS), em seu sítio na

internet, em formato raster, em formato geotiff, com resolução espacial aproximada de 90 m; dados meteorológicos diários da série histórica de 1985 a 2015, da estação meteorológica 83358, localizada em Poxoréu-MT [7]; dados médios mensais de Radiação Solar Global [8]; e dados diários de chuva, do período de 1985 à 2015, das estações pluviométricas 1554006, 1555005, 1654000, 1654001, 1654004, 1654005 e 1754000 [3].

Os dados médios mensais de longo período e outros parâmetros estatísticos necessários ao modelo hidrológico foram obtidos por meio da metodologia de [9].

Os coeficientes de cobertura e manejo do solo (Fator C da EUPS) para cada tipo de uso e cobertura da terra foram obtidos em [10] e estão apresentados na Tabela 1. O fator de práticas conservacionistas (Fator C e P da EUPS) foi considerado igual a 1 para todos os tipos de uso e cobertura da terra.

Tabela 1. Coeficientes de cobertura e manejo do solo utilizado para cada tipo de uso e cobertura da terra na bacia do Alto Rio São Lourenço - MT.

Tipo de uso e cobertura da terra	Coeficientes de cobertura e manejo do solo
Alteracao antropica	0,25
Agricultura	0,25
Pastagem	0,25
Mineracao	0,50
Influencia Urbana	0,50
Reflorestamento	0,05
Alteração natural manejo	0,12
Vegetação de influência fluvial	0,10
Savana Estépica Chaco Umido	0,09
Savana Estépica Chaco	0,09
Savana Gramínea	0,09
Savana Arborizada	0,04
Savana Florestada	0,04
Formacoes florestais	0,001

Demais parâmetros referentes ao uso e cobertura da terra necessários ao modelo hidrológico foram assumidos como sendo iguais aos parâmetros que o SWAT apresenta em sua tabela padrão, conforme a correspondência a seguir (uso SWAT: usos da BAP): AGRL: “Agricultura”, “Degradada por Mineração” e “Influência Urbana”; FRSD: “Alteração antrópica” e “Reflorestamento”; FRSE: “Formações Florestais”; PAST: “Pastagem”, “Alteração Natural/Manejo”, “Savana Estépica/Chaco Úmido”, “Savana Estépica”, “Savana Gramínea”, “Savana Arborizada” e “Savana Florestada”; WATR: “Rios, córregos, corixos, vazantes, baías e salinas”; e WETN: “Vegetação com Influência Fluvial”.

Os coeficientes de erodibilidade (Fator K da Equação Universal de Perda de Solo - EUPS) dos horizontes dos solos da BAP foram obtidos em [11].

Os parâmetros físicos, químicos e hidráulicos médios dos solos da BAP foram obtidos por meio da metodologia de [12], contemplando o cruzamento espacial do mapa de solos com a localização dos perfis e trincheiras de solos que estão nos bancos de dados de [13] e [14]. Para os solos que não

dispunham de parâmetros nesses bancos de dados foram utilizados os dados de [15].

Todos os arquivos foram convertidos para o sistema de referência Sirgas 2000 e sistema de projeção Cônica Equivalente de Albers (longitude de origem: 54° W, latitude de origem: 12° S, paralelo-padrão 1: 2° S, paralelo-padrão 2: -22° S), com uso do aplicativo de sistemas de informação geográfica (SIG) Esri ArcGis v. 10.3.

Para esse trabalho não foi possível, até o momento, realizar as etapas de calibração e validação do modelo hidrológico para a bacia em estudo. No entanto, os resultados de produção de sedimentos para os anos de 1985 e 2017 foram analisados de maneira comparativa, utilizando a metodologia de [16]. Para tanto, foi necessário realizar a simulação de produção de sedimentos para outros dois cenários, sendo um cenário elaborado pela substituição de todos os usos do solo, exceto a classe “Rios, córregos, corixos, vazantes, baías e salinas”, para o uso de “Formações Florestais” e outro cenário elaborado por meio da substituição de todos os usos citados pelo uso “Solo Descoberto”. Para este uso, “Solo Descoberto”, todos os parâmetros referentes ao uso e cobertura da terra necessários ao modelo hidrológico foram assumidos como sendo iguais aos parâmetros da classe “Pastagens” exceto pelos coeficientes de cobertura e manejo do solo e de práticas conservacionistas (Fatores C e P da EUPS) que foram assumidos como iguais a 1,0.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios anuais de chuva, evapotranspiração, deflúvio, e os de estimativa de produção de sedimentos e estimativa da redução relativa da produção de sedimentos (RRPS) estão apresentados na Tabela 2.

Considerando a distribuição e os dados diários de chuva das estações pluviométricas utilizadas, a chuva média anual da alta bacia foi de 1505,4 mm, que está entre os valores das estações meteorológicas de Rondonópolis/MT e Poxoréu/MT apresentadas em [17].

Em relação à evapotranspiração e ao deflúvio, pelos resultados apresentado na Tabela 2, observa-se que quanto maior a evapotranspiração da bacia, menor o deflúvio, o que está em acordo com o conceito de balanço hídrico de bacias hidrográficas [18].

A taxa de supressão da vegetação nativa entre os anos de 1985 e 2017 foi de 26,7%, variando de 62,3% de cobertura vegetal nativa para 35,6% neste período, corroborando com as informações de [1]. Esse resultado é um indicador do potencial de variação nos processos erosivos e outros processos que tenham interação com o uso e cobertura da terra.

Em relação a RRPS, verifica-se que, entre os anos de 1985 e 2017, as alterações de uso e cobertura da terra promoveram, para a bacia, um aumento estimado de 8,0% na produção de sedimentos.

De modo a analisar o resultado de maneira espacializada, realizou-se a análise da variação do uso e cobertura e da

RRPS entre 2017 e 1985, considerando as sub bacias da área de estudo. Para isso, foi elaborada a Figura 1.

Tabela 2. Valores médios anuais de chuva, evapotranspiração, deflúvio, taxa de supressão da vegetação nativa, produção estimada de sedimentos e de estimativa da redução relativa da produção de sedimentos para a bacia do Alto Rio São Lourenço - MT.

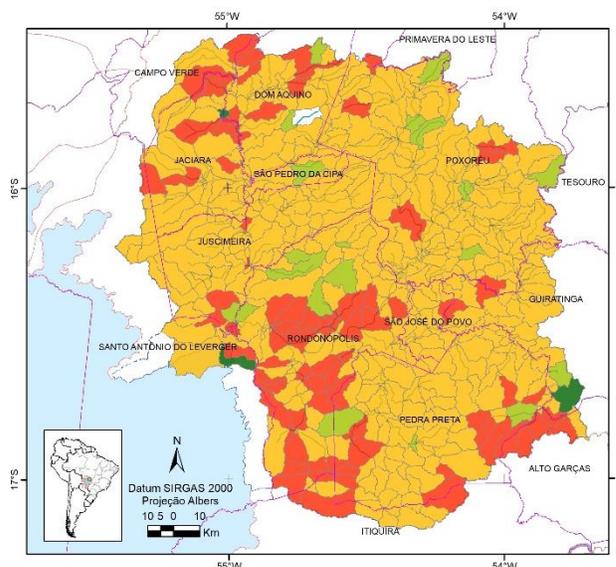
Variável / Parâmetro	Cenário de uso e cobertura da terra			
	1985	2017	Formações Florestais	Solo Nu
Chuva (mm.ano ⁻¹)	1.505,4			
Evapotranspiração (mm.ano ⁻¹)	766,4	737,7	757,5	687,6
Deflúvio (mm.ano ⁻¹)	718,5	769,5	716,3	808,4
Taxa de supressão da vegetação nativa (%)	0% (1)	26,7%	(2)	100% (3)
Produção estimada de sedimentos (Mg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹)	2,309	4,602	1,321	29,949
Redução Relativa da Produção de Sedimentos (%)	96,5	88,5	100%	0%

Observação: (1) Cenário considerado como sendo de referência para o cálculo da supressão de vegetação nativa (2) Toda a cobertura da terra da bacia foi considerada como sendo de Formações Florestais, com exceção das áreas de Rios, córregos, corixos, vazantes, baías e salinas. (3) Toda a cobertura da terra da bacia foi considerada como sendo de Solo Nu, com a mesma exceção da observação anterior.

Observa-se na Figura 1 que as variações do uso e cobertura da terra e por consequência, da RRPS, ocorreram de maneira localizada em algumas sub bacias da área de estudo. A diminuição na produção de sedimentos, ou seja, o aumento da RRPS, ocorreu, de forma mais intensa (cor verde escura), em sub bacias hidrográficas nos municípios de Guiratinga/MT e Santo Antônio do Leverger/MT. Observa-se também que os maiores aumentos na produção de sedimentos (cor vermelha), ou seja, diminuições da RRPS, ocorreram em subbacias hidrográficas dos municípios de Alto Garças/MT, Pedra Preta/MT, Itiquira/MT, Rondonópolis/MT, Dom Aquino/MT, Jaciara/MT e Campo Verde/MT.

Nas sub bacias onde ocorreram as maiores diminuições na produção de sedimentos houve um maior aumento de “Savana Florestada” e de “Savana Arborizada”. Entretanto, nas sub bacias onde ocorreram os maiores aumentos na produção de sedimentos houve um maior aumento de “Alteração Antrópica”, corroborando com os resultados apresentados por [1].

De modo a verificar os efeitos da supressão da vegetação nativa na produção de sedimentos, calculou-se a média de produção estimada de sedimentos e de RRPS para as sub bacias com mais de 10% de aumento da produção estimada de sedimentos. Os resultados estão apresentados na Tabela 3.



Legenda

—	Limites Municipais	Diferença entre RRPS de 2017 e de 1985
—	Pantanal	
—	BH rio São Lourenço	
—	Outras Bacias	
—	Limites estaduais	-41 a -10
—	Limites nacionais	-9,9 a 0
		0,1 a 10
		10,1 a 134

Figura 1. Distribuição da diferença entre a estimativa da redução relativa da produção de sedimentos entre os anos de 2017 e 1985 e localização dos municípios da bacia do Alto Rio São Lourenço-MT.

Tabela 3. Valores médios anuais de taxa de supressão da vegetação nativa, estimativa da redução relativa da produção de sedimentos para as sub bacias com mais do que 10% de supressão de vegetação nativa na bacia do Alto Rio São Lourenço - MT.

Variável / Parâmetro	Cenário de uso e cobertura da terra			
	1985	2017	Formações Florestais	Solo Nu
Taxa de supressão da vegetação nativa (%)	0% (1)	30,7%	(2)	100% (3)
Produção estimada de sedimentos (Mg.ha ⁻¹ .ano ⁻¹)	2,544	5,049	1,421	29,949
Redução Relativa da Produção de Sedimentos (%)	96,1	87,3	100%	0%

Observação: (1) Cenário considerado como sendo de referência para o cálculo da supressão de vegetação nativa (2) Toda a cobertura da terra da bacia foi considerada como sendo de Formações Florestais, com exceção das áreas de Rios, córregos, corixos, vazantes, baías e salinas. (3) Toda a cobertura da terra da bacia foi considerada como sendo de Solo Nu, com a mesma exceção da observação anterior.

Como pode ser observado na Tabela 3, as sub bacias com mais do que 10% de supressão de vegetação nativa a taxa de supressão da vegetação nativa entre os anos de 1985 e 2017, que somam 85% da área de estudo, tiveram em média 30,7% de supressão dessa vegetação, o que é superior à taxa média

para toda bacia. Em relação a RRPS, verifica-se que, entre os anos de 1985 e 2017, as alterações de uso e cobertura da terra promoveram, para a bacia, um aumento estimado de 8,8% na produção de sedimentos, que também é maior do que o encontrado para toda a bacia estudada.

5. CONCLUSÕES

A metodologia de análise comparativa dos resultados de produção de sedimentos permitiu a quantificação dos efeitos de alteração do uso e cobertura da terra para os anos de 1985 e 2017 e permitiu identificar as regiões da bacia em que ocorreram as maiores alterações quanto a essa variável.

Considerando toda a área da bacia do Alto Rio São Lourenço, entre os anos de 1985 e 2017, a alteração do uso e cobertura da terra, que variou de 62,3% de cobertura vegetal nativa para 35,6% neste período, promoveu um aumento de 8% na produção de sedimentos.

As regiões em que a mudança no uso e ocupação acarretou maior aumento na produção de sedimentos estão localizadas nos municípios de Alto Garças/MT, Pedra Preta/MT, Itiquira/MT, Rondonópolis/MT, Dom Aquino/MT, Jaciara/MT e Campo Verde/MT.

O modelo hidrológico ajustado para a bacia do Alto Rio São Lourenço permite a geração de resultados que subsidiem a tomada de decisão para o planejamento de ações prioritárias de conservação do solo. Além disso, a base de dados elaborada poderá ser utilizada nas demais sub-bacias da bacia do Alto Paraguai

6. AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao apoio recebido da Agência Nacional de Águas, da Embrapa Gestão Territorial e Embrapa Territorial.

7. REFERÊNCIAS

- [1] WWF-Brasil. “Monitoramento das alterações da cobertura vegetal e uso do Solo na Bacia do Alto Paraguai – Porção Brasileira – Período de Análise: 2012 a 2014”, Brasília, 66 pp., 2015.
- [2] Mingoti, R.; Padovani, C.; Calheiros, D. F., “Uso do Solo e Geração de Sedimentos na Bacia do Rio São Lourenço, MT”, *Resumos: Seminário da Rede AgroHidro: Água na Agricultura: desafios frente às mudanças climáticas e de uso da terra*, 2., 2015, Corumbá, MS. Brasília, Df: Embrapa, 2015. pp. 61.
- [3] ANA - Agência Nacional de Águas. *Portal Hidroweb: Sistema de Informações Hidrológicas*. Disponível em: <<http://www.snirh.gov.br/hidroweb/>>. Acesso em: 9 set. 2018.
- [4] ARNOLD, J. G.; SRINIVASAN, R.; MUTTIAH, R. S.; WILLIAMS, J. R. Large area hydrologic modeling and assessment part I: Model development1. *Journal of the American Water Resources Association*, v. 34, n. 1, p. 1, 1998.
- [5] FUNDAÇÃO ELISEU ALVES. *Elaboração de estudos de avaliação dos efeitos da implantação de empreendimentos hidrelétricos na região hidrográfica do Rio Paraguai e para suporte à elaboração do Plano de Recursos Hídricos da RH-PARAGUAI*. Parceria Agência Nacional de Águas – ANA. Contrato 062/16. Vigência 2017-2020. Projeto em andamento.
- [6] FERNANDES, F. A.; FERNANDES, A. H. B. M.; SOARES, M. T. S; PELLEGRIN, L. A.; LIMA, I. B. T. de. *Atualização do mapa de solos da planície pantaneira para o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2007. 6 p. (Embrapa Pantanal. Comunicado Técnico, 61).
- [7] INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. *BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa*. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/> Acesso em: 02 out. 2017.
- [8] LABREN - Laboratório de Modelagem e Estudos de Recursos Renováveis de Energia / CCST Centro de Ciência do Sistema Terrestre / INPE Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. *Atlas brasileiro de energia solar 2ª ed.* INPE. 2017.
- [9] GUERREIRO, M. J.; MARTINS, C. *Parametrização das variáveis climáticas necessárias para o uso do modelo SWAT*. 2004. 6p. Disponível em <https://bdigital.ufp.pt/handle/10284/566> Acesso em 15/04/2015.
- [10] ANA Agência Nacional de Águas. *Manual Operativo do Programa “Produtor de Água”*. Brasília, 65 p., 2008.
- [11] PCBAP - Plano de conservação da Bacia do Alto Paraguai - PCBAP: diagnóstico dos meios físico e biótico - meio físico. Brasília, DF: PNMA, 1997. p.127-307. v.2.
- [12] MINGOTI, R.; SPADOTTO, C. A.; MORAES, D. A. C. Suscetibilidade à contaminação da água subterrânea em função de propriedades dos solos no Cerrado brasileiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 51, p. 1252-1260, 2016.
- [13] COOPER, M.; MENDES, L.M.S.; SILVA, W.L.C.; SPAROVEK, G. A national soil profile database for Brazil available to international scientists. *Soil Science Society of America Journal*, v.69, p.649-652. DOI: 10.2136/sssaj2004.0140.
- [14] OLIVEIRA, S.R. de M.; ZURMELY, H.R.; LIMA JÚNIOR, F.A. de; SANTOS, H.G. dos; MEIRELLES, M.P.S. *Sistema de informação de solos brasileiros*. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2008. 8p. (Embrapa Informática Agropecuária. Comunicado técnico, 93).
- [15] POLIVANOV, H.; CASTRO, A.C.J.; ANTUNES, F.S.; CAMARA, L.C.A. Estudo de um perfil podzólico e de brunizém da Zona Oeste do Estado do Rio de Janeiro. *Anuário do Instituto de Geociências*, Vol. 13, pp. 17-29, 1990. Disponível em: <<https://revistas.ufrj.br/index.php/aigeo/article/view/5905/4502>>.
- [16] MINGOTI, R.; VETTORAZZI, C. A. Relative reduction in annual soil loss in micro watersheds due to the relief and forest cover. *Engenharia Agrícola*, v. 31, p. 1202-1211, 2011
- [17] Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Normais Climatológicas do Brasil 1981-2010. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisclimatologicas>>. Acesso em 01/10/2018.
- [18] LIMA, WALTER DE PAULA. Hidrologia florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas. 2008. Disponível em: <<http://www.ipef.br/hidrologia/>>. Acesso em 15/04/2015.