



ESTIMATIVA PRELIMINAR DA EXPORTAÇÃO DE SEDIMENTOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IQIRI (ITUXI) EM ACRELÂNDIA-AC POR MEIO DO SOFTWARE INVEST

Gabriel de Paula **Rodrigues**¹; Rogério Resende Martins **Ferreira**²; Marco Antônio Ferreira **Gomes**³; Cornélio Alberto **Zolin**⁴; Carlos Fernando **Quartaroli**⁵

Nº 21504

RESUMO – Os serviços ecossistêmicos relacionados ao manejo e à conservação do solo e da água têm recebido especial atenção por parte de gestores ambientais. Assim, tem adquirido fundamental importância entender quais são os impactos negativos e positivos da alteração do uso e cobertura da terra a partir da adoção de práticas de produção agropecuárias na conservação do solo e da água. Para compreender a importância da adoção de práticas conservacionistas no manejo do solo e da água em bacias hidrográficas na Amazônia, este estudo teve como objetivo estimar a exportação de sedimentos por meio da aplicação do software InVEST, no seu módulo Sediment Delivery Ratio (SDR), na área de estudo na bacia hidrográfica do rio Iquiri (Ituxi) em Acrelândia-AC a partir do cenário atual de uso e cobertura da terra. Com área de 24.612 ha, tem como principal ocupação territorial o município de Acrelândia, mas com pequenos contornos em seus divisores de água nos municípios de Senador Guimard e Plácido de Castro, no estado do Acre. Conforme os resultados estimados pelo módulo SDR, os locais mais vulneráveis foram as lavouras perenes e as lavouras temporárias, com estimativa de perda de sedimentos de 11.648,15 Mg/ano e 4.976 Mg/ano em áreas com 172,69 ha e 88,62 ha, respectivamente.

Palavras-chave: conservação do solo, geotecnologia, serviços ambientais, uso e cobertura da terra.

1 Autor, Bolsista CNPq (PIBIC): Graduação em Geografia, Unicamp, Campinas-SP, gabriel.rodrigues@colaborador.embrapa.br.

2 Orientador: Pesquisador da Embrapa Territorial, Campinas-SP, rogerio.ferreira@embrapa.br.

3 Colaborador: Pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna-SP.

4 Colaborador: Pesquisador da Embrapa Agrossilvipastoril, Sinop-MT.

5 Colaborador: Pesquisador da Embrapa Territorial, Campinas-SP.



ABSTRACT – *Ecosystem services involved in soil and water management and conservation have been drawing special attention from environmental managers. Therefore, it is of fundamental importance to understand the positive and negative impacts of land use and cover changes caused by the adoption of agricultural production practices in soil and water conservation. In order to understand the importance of the adoption of conservation practices for the management of soil and water resources in watersheds in Amazônia, this study aimed to estimate sediment export rates by applying the InVEST software and its Sediment Delivery Ratio (SDR) module to the study area, the Iquiri (Ituxi) river watershed, in Acrelândia-AC, based on the current land use and occupation scenario. Featuring an area of 24,612 ha, the watershed is mainly occupied by the municipality of Acrelândia-AC, plus small contours at the municipalities of Senador Guimard and Plácido de Castro, in the state of Acre. The results estimated using the SDR tool indicate perennial and temporary crops as the most vulnerable places for sediment loss, at estimated exported sediment rates of 11,648.15 Mg/year and 4,976 Mg /year in 172.69-ha and 88.62-ha areas respectively.*

Keywords: Soil conservation, geotechnology, environmental services, land use and land cover.

1. INTRODUÇÃO

O meio físico-biótico de uma bacia hidrográfica é vulnerável às alterações de uso e cobertura das terras, pois elas interferem nas propriedades do solo. Com a degradação das florestas, o avanço da agricultura e o aumento da utilização do solo de forma não planejada em uma bacia hidrográfica, há alterações no meio natural que provocam consequências tanto sobre os fluxos ecossistêmicos quanto sobre os serviços ecossistêmicos (Sharp et al., 2016).

Com o avanço na área tecnológica, os estudos sobre serviços ecossistêmicos, que antes focavam na sua definição e classificação, vêm mudando e ganhando destaque no uso de técnicas de modelagem, com ferramentas modernas para análise e avaliação dos serviços ecossistêmicos. Modelos que podem ser usados para alcançar melhor compreensão do impacto das atividades de uso do solo e diferentes práticas de gestão sobre os processos hidrológicos que afetam a superfície e subsuperfície hídrica, a erosão do solo e o transporte e a deposição dos sedimentos em bacias hidrográficas (Golmohammadi et al., 2014).

Dentre as ferramentas de gestão de serviços ecossistêmicos, o software InVEST (Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs) destaca-se pela sua simplicidade. Desenvolvido como parte do projeto Capital Natural, uma parceria entre Universidade de Stanford, The Nature



Conservancy (TNC), World Wildlife Fund (WWF) e outras instituições, o software InVEST tem como o objetivo avaliar os benefícios e *trade-offs* dos serviços ecossistêmicos sob uma variedade de cenários de uso e cobertura da terra e auxiliar no processo de tomada de decisão de gestores ambientais (Dennedy-Frank et al., 2016).

O módulo SDR (Sediment Delivery Ratio) do software InVEST consiste, basicamente, em um modelo espacialmente explícito, pois utiliza *rasters* como fonte de informações e quase todos os seus resultados são expressos em mapas. Os resultados podem ser apresentados em termos econômicos (o custo do tratamento evitado devido à alteração na carga de sedimentos). Porém, para que os resultados sejam expressos em quantidades absolutas, é necessário fazer a calibração e validação do modelo; caso contrário, somente resultados em quantidades relativas são alcançados. A resolução espacial adotada no modelo é flexível, permitindo análises em escala local, regional ou global. É possível criar cenários para elevar o nível de informação sobre a área de avaliação. As principais características são: compilação de modelos teóricos consagrados que requerem uma quantidade pequena de dados e foco nas ações para subsidiar a tomada de decisão sobre a gestão ambiental (Sharp et al., 2016).

O módulo SDR estima a perda de solos por erosão laminar a partir da aplicação da Equação Universal de Perdas de Solos – USLE – (Wischmeier; Smith, 1978). Apesar de suas limitações, constitui o modelo empírico mais conhecido e utilizado, e possibilita estimar valores referentes às perdas de solos anuais por erosão laminar e à exportação de sedimentos, identificando áreas mais críticas que necessitam de monitoramento e que constituem áreas prioritárias para a conservação dos recursos hídricos e implantação de programas de serviços ambientais que visam o controle da erosão e sedimentação.

Buscando dar suporte para avaliações futuras e mais precisas sobre perdas de sedimentos em bacias hidrográficas na Amazônia, o presente trabalho teve como objetivo estimar a exportação de sedimentos na área de estudo na bacia hidrográfica do rio Iquiri (Ituxi) em Acrelândia-AC por meio do software InVEST e a partir do cenário atual de uso e cobertura da terra.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo tem 24.612,05 há e está situada no estado do Acre (Figura 1) entre as latitudes 9°54'S e 10°5'S e longitudes 66°57'W e 67°11'W. Corresponde à parte da bacia do rio Iquiri (Ituxi) a montante da foz de um de seus afluentes da margem direita, situada no ponto de

coordenadas 66°57'56,6"W e 9°53'0,5"S. Abrange parte dos municípios de Acrelândia, Senador Guiomard e Plácido de Castro.

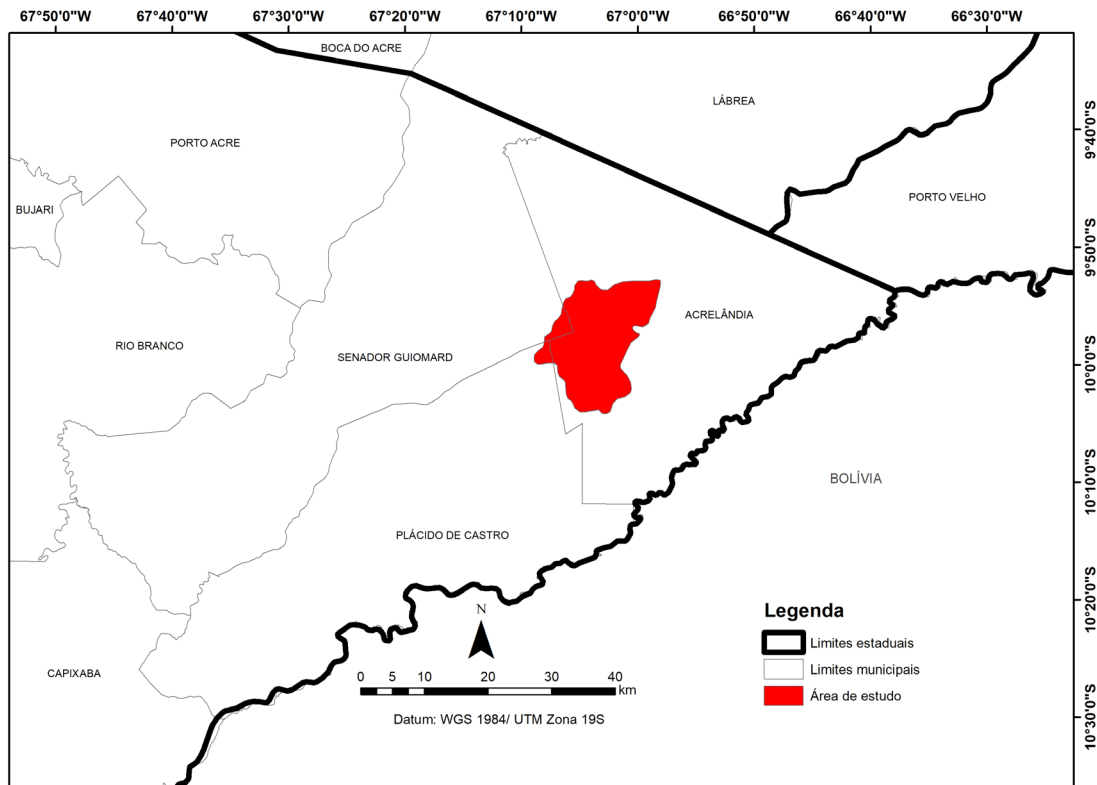


Figura 1. Área de estudo na bacia hidrográfica do rio Iquiri (Ituxi), Acrelândia-AC.

A área de estudo na bacia hidrográfica do rio Iquiri (Ituxi) apresenta características pedológicas importantes, das quais se destacam três classes de solos (Figura 2A): o Argissolo Vermelho-Amarelo, o Argissolo Vermelho e o Latossolo Vermelho (Silva et al., 2006):

- Argissolo Vermelho-Amarelo: solo com textura média-argilosa a argilosa, ocorre em 13.628 ha, em áreas com relevo suave-ondulado a ondulado. É a classe de solos predominante na área de estudo. Sua aptidão é regular para lavouras e boa para pastagens.

- Argissolo Vermelho: solo com textura média-argilosa e muito argilosa, ocorre em 6.024 ha. O relevo suave-ondulado predomina em áreas de ocorrência desse solo, mas há também áreas com relevo forte-ondulado. Sua aptidão é de boa a regular para lavouras e regular para pastagens.

- Latossolo Vermelho: solo com textura argilosa, ocorre em 4.960 ha em áreas com relevo plano a suave-ondulado, apto para lavouras.

No contexto sedimentológico foi aplicado o modelo de exportação de sedimentos (SDR), de forma a estimar a erosão total (quantidade de solo que se desprende do seu local de origem) e o



aporte de sedimentos (porção da erosão total que chega efetivamente aos corpos d'água) na área de estudo. Para tanto, o modelo é baseado na abordagem conceitual proposta por Borselli et al. (2008), dada pela Equação 1:

$$Total\ exportado = \sum_{pixel\ i} usle_i \times SDR_i \quad (1)$$

Dessa forma, calcula a quantidade de sedimento erodido ($usle_i$) e, em seguida, o sedimento exportado (SDR_i), que é a proporção de perda de solo que realmente alcança o exutório da bacia.

A carga de sedimento do pixel de interesse (E_i) é dada pela Equação 2:

$$E_i = usle_i \times SDR_i \quad (2)$$

O modelo utiliza a equação de perda de solo (USLE) dada pela Equação 3:

$$usle_i = R \times K \times L \times S \times C \times P \quad (3)$$

$usle_i$ = perda de solo em Mg/ha/ano;

R = fator erosividade, índice de erosão pela chuva (MJ mm ha/h/ano);

K = fator erodibilidade dos solos diante de suas características físicas (Mg ha h/ha/MJ/ha/mm);

L = índice relativo ao comprimento da vertente ou rampa;

S = índice relativo à declividade média da vertente ou rampa;

C = índice relativo ao uso e manejo da terra (Mg ha Mg/ha);

P = índice relativo à prática conservacionista adotada.

A taxa de sedimento exportado (SDR) proposta por Vigiak et al. (2012) é dada pela Equação 4:

$$SDR_i = SDR_{max} / (1 + \exp[(IC_0 - IC_i)/k]) \quad (4)$$

SDR_{max} é o SDR teórico máximo, ajustado para um valor médio de 0,8 (Vigiak et al., 2012), e IC_0 e k são parâmetros de calibração que definem a forma da relação SDR-IC (função crescente).

O índice de conectividade (IC) dado na Equação 4 foi desenvolvido por Borselli et al. (2008) para reproduzir o transporte do sedimento no escoamento superficial. O IC modela a exportação ou retenção do sedimento pixel a pixel com base na relação entre as declividades dos pixels vizinhos (Equação 5).

$$IC = \log_{10} (D_{acima} / D_{abaixo}) \quad (5)$$



D_{acima} é a declividade do pixel acima;

D_{abaixo} é a declividade do pixel abaixo.

A partir da integração de dados morfométricos (declividades e comprimento de rampa), de precipitações (erosividade), propriedades dos solos (erodibilidade) e classes de uso e cobertura da terra, o módulo SDR permite calcular a perda de solo média anual de cada parcela de terra, além de determinar o quanto de solo pode chegar a um determinado ponto de interesse, conhecendo a capacidade de cada parcela para reter sedimentos e, adicionalmente, avaliar o custo de remoção do sedimento acumulado (Thompson; Fidalgo, 2013).

Os dados morfométricos (índices L e S) são obtidos automaticamente pelo InVEST a partir de um modelo digital de elevação (MDE). Nesta pesquisa, foi utilizado o produto Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), que gerou MDEs com pixel de 90 e 30 m de resolução (Carvalho; Bayer, 2008). Foi utilizado o MDE do SRTM da área de estudo de 30 m (Figura 2B), devendo destacar o problema do modelo com a cobertura vegetal, pois as altitudes são tomadas no topo da vegetação e não no nível do solo. Em áreas na Amazônia, com florestas de até 30 m de altura em contato com áreas desmatadas gera desníveis abruptos de 30 m no terreno, inexistentes.

Os dados referentes à erosividade (fator R) requeridos pelo InVEST foram preparados na forma de um mapa isoerodente, em formato *raster* (30 m). Para a elaboração desse mapa, foram utilizados os dados de erosividade obtidos por Oliveira et al. (2012) (Figura 2C). O fator K (erodibilidade do solo) foi atribuído para cada classe de solo, de acordo com referências encontradas na literatura (Bertoni; Lombardi Neto, 1985) (Figura 2D). O mapa foi convertido para o formato *raster* (30 m) e reclassificado com base nos valores de erodibilidade (Mg ha h/MJ/ha/mm) para cada tipo de solo.

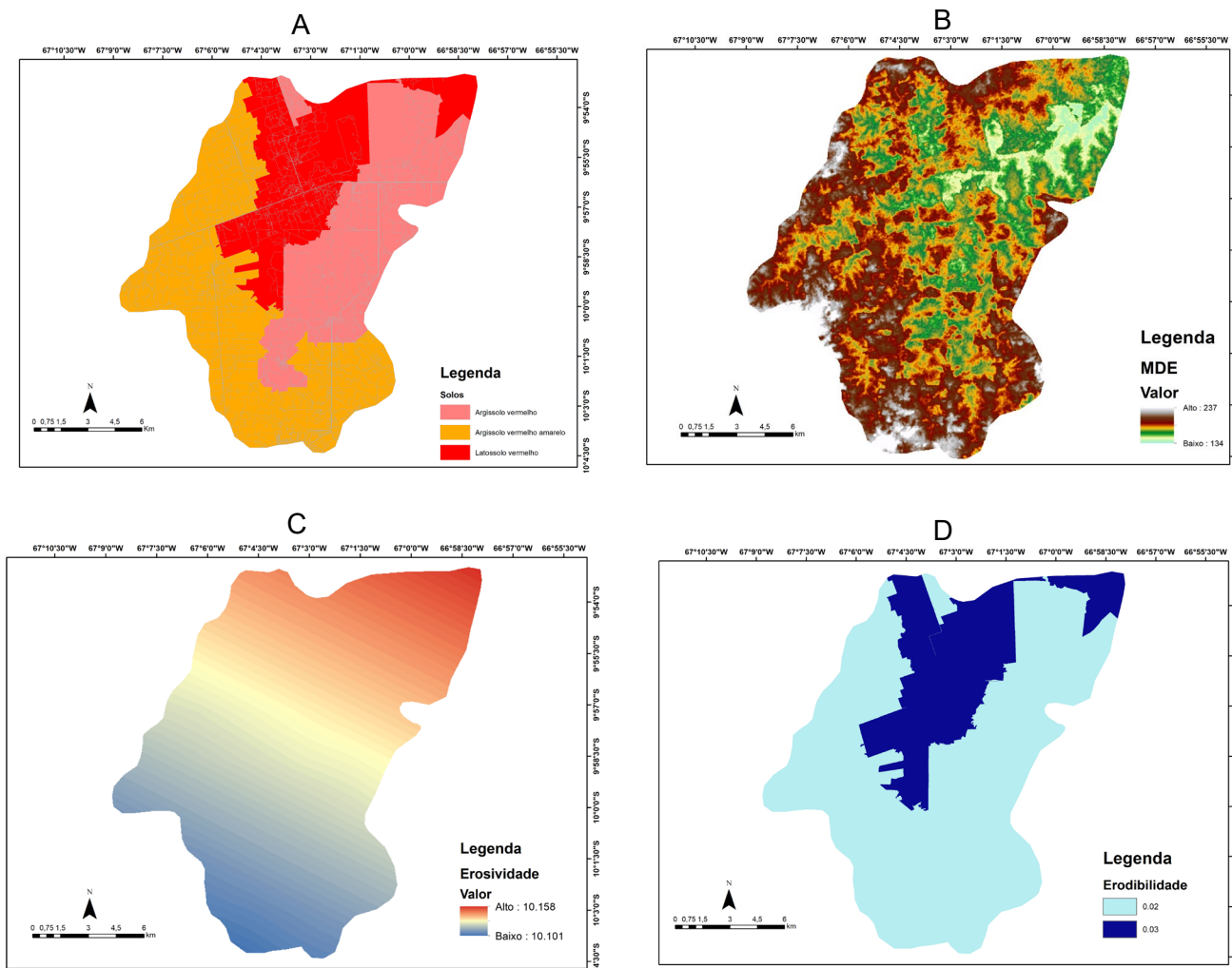


Figura 2. Mapa de solos (A), modelo digital de elevação (B), erosividade da chuva (C) e erodibilidade do solo (D) da área de estudo na bacia hidrográfica do rio Iquiri (Ituxi) em Acrelândia-AC.

Além do mapa de uso e cobertura da terra em formato *raster* (30 m), o InVEST requer uma tabela em formato CSV com os valores dos índices C (índice relativo ao uso e manejo da terra) e P (índice relativo à prática conservacionista adotada) para cada classe de uso e cobertura da terra (Tabela 1). Para os índices, C foram utilizados dados da literatura (Bertoni; Lombardi Neto, 1985; Galdino, 2012) arbitrariamente, visto que não foram checadas in loco as práticas conservacionistas adotadas na bacia hidrográfica. Para os índices P de todas as classes de uso e cobertura da terra, foi aplicado o valor 1.



Tabela 1. Valores do índice relativo ao uso e manejo da terra (índice C) e do índice relativo à prática conservacionista adotada (índice P) para diferentes classes de uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio Iquiri (Ituxi) em Acrelândia-AC. Fonte: Bertoni e Lombardi Neto (1985) e Galdino (2012).

Uso e cobertura da terra	Índice C	Índice P
Outros usos	0,0000	1
Floresta primária e secundária	0,0005	1
Mata ciliar	0,0017	1
Pastagem sem invasoras	0,0070	1
Floresta plantada	0,0080	1
Pastagem com invasoras	0,0084	1
Pastagem com muitas invasoras	0,0100	1
Pastagem com solo exposto	0,0610	1
Lavoura temporária	0,0800	1
Quintal doméstico	0,1100	1
Lavoura permanente	0,1100	1

Para a valoração econômica do custo estimado de remoção do sedimento acumulado, foram utilizados como base o aporte de sedimentos depositados (Mg/ano) e o valor médio, em reais (R\$), correspondente ao custo de remoção de um Mg de sedimentos (Cedae, 2020).

Os dados de entrada requeridos pelo InVEST e os produtos cartográficos finais foram preparados no ArcGIS 10.7.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos pela aplicação do módulo SDR do software InVEST representam uma estimativa preliminar dos valores de exportação, retenção e deposição de sedimentos de acordo com as classes de uso e cobertura da terra e as classes de solos.

Conforme as estimativas apresentadas na Tabela 2, as maiores taxas de sedimentos foram exportadas em áreas destinadas às pastagens sem invasoras e lavouras, tanto as perenes quanto as temporárias. Porém as classes de uso de lavoura perene e temporária estão em áreas menores em relação à área de pastagem sem invasora.



Tabela 2. Área e estimativas de perda de sedimentos (exportados, retidos e depositados) em diferentes classes de uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do rio Iquiri (Ituxi) em Acrelândia-AC.

Uso e cobertura da terra	Área —ha—	Sedimentos		
		exportados	retidos	depositados
		Mg/ano		
Pastagem sem invasora	12.063,05	40.798,70	86.882.448,73	1.410.008,47
Floresta primária secundária	8.829,46	1.294,47	86.917.642,07	93.129,98
Pastagem com muita invasora	1.711,31	423,09	86.918.368,17	32.106,09
Pastagem com invasora	667,86	2.251,00	86.916.787,35	98.792,91
Floresta plantada	287,83	1.218,35	86.917.705,98	49.036,58
Lavoura perene	172,69	11.648,15	86.908.417,35	264.428,33
Lavoura temporária	88,62	4.976,00	86.914.361,23	138.448,56
Quintal doméstico	84,39	2.695,73	86.916.394,23	78.062,01
Mata ciliar	82,89	31,35	86.918.765,48	1.840,35
Pastagem solo exposto	48,96	1.464,30	86.917.485,98	44.086,84
Outros usos	574,99	0	0	0
Total	24.612,05	66.801,15	86.912.837,66	2.209.940,12

Os valores apresentados na Tabela 2 revelam elevada estimativa de sedimentos exportados, o que pode ser atribuído aos valores dos fatores (R e K) e dos valores dos índices (L, S, C e P), que fazem parte dos dados de entrada do modelo empregado.

Além das estimativas realizadas por classes de uso e manejo, foi possível e importante aplicar o módulo SDR para as classes de solo que compõem a bacia hidrográfica do rio Iquiri (Ituxi)–AC (Tabela 3). Nesse contexto, a maior estimativa de sedimento exportado está relacionada à classe Argissolo Vermelho-Amarelo, que é predominante na região e ocupa a maior área, seguida por Latossolo Vermelho e Argissolo Vermelho.

Tabela 3. Estimativas de perda de sedimentos (exportados, retidos e depositados) por classe de solos na área de estudo da bacia hidrográfica do rio Iquiri (Ituxi) em Acrelândia-AC.

Solos	Área —ha—	Sedimentos		
		exportados	retidos	depositados
		Mg/ano		
Argissolo Vermelho Amarelo	13.627,78	45.943,68	46.650.089,54	1.460.959,01
Argissolo Vermelho	6.023,63	9.664,68	14.029.304,67	326.358,36
Latossolo Vermelho	4.960,65	11.192,79	26.233.443,45	422.622,74
Total	24.612,05	66.801,15	86.912.837,66	2.209.940,12

Os resultados da estimativa de sedimentos exportados (Figura 3) obtidos pela aplicação do módulo SDR do software InVEST referem-se à média anual de sedimentos exportados de cada

parcela de terra, neste caso, a exportação de sedimentos por área do pixel (30 x 30 m). As cores em vermelho são as áreas de lavoura perene e temporária que apresentam a maior taxa de sedimentos exportados (Mg/ano), que chegaram a aproximadamente 190 Mg/ha/ano. Apesar da elevada estimativa de sedimentos exportados em determinados locais, nota-se que o mapa representa de forma adequada os locais com maiores e menores taxas de sedimentos exportados, e pode indicar os locais que devem receber maior atenção quanto à taxa de sedimentos exportados na área de estudo. Visto que, na região, a área de estudo oferece grandes contribuições para os serviços ecossistêmicos disponíveis para a população local, sua caracterização é importante para decisões dos gestores ambientais locais e regionais.

Para a valoração econômica do custo estimado de remoção do sedimento acumulado, foram utilizados como base de aporte de sedimentos depositados a taxa de 2.209.940,12 Mg/ano e o valor de R\$15,46, correspondente ao custo de remoção de 1 Mg de sedimentos (Companhia Estadual de Águas e Esgoto do Rio de Janeiro) (Cedae, 2020). O valor total foi estimado em R\$ 34.165.674,25 anuais para a remoção de sedimentos depositados na bacia do rio Iquiri (Ituxi) em Acrelândia-AC.

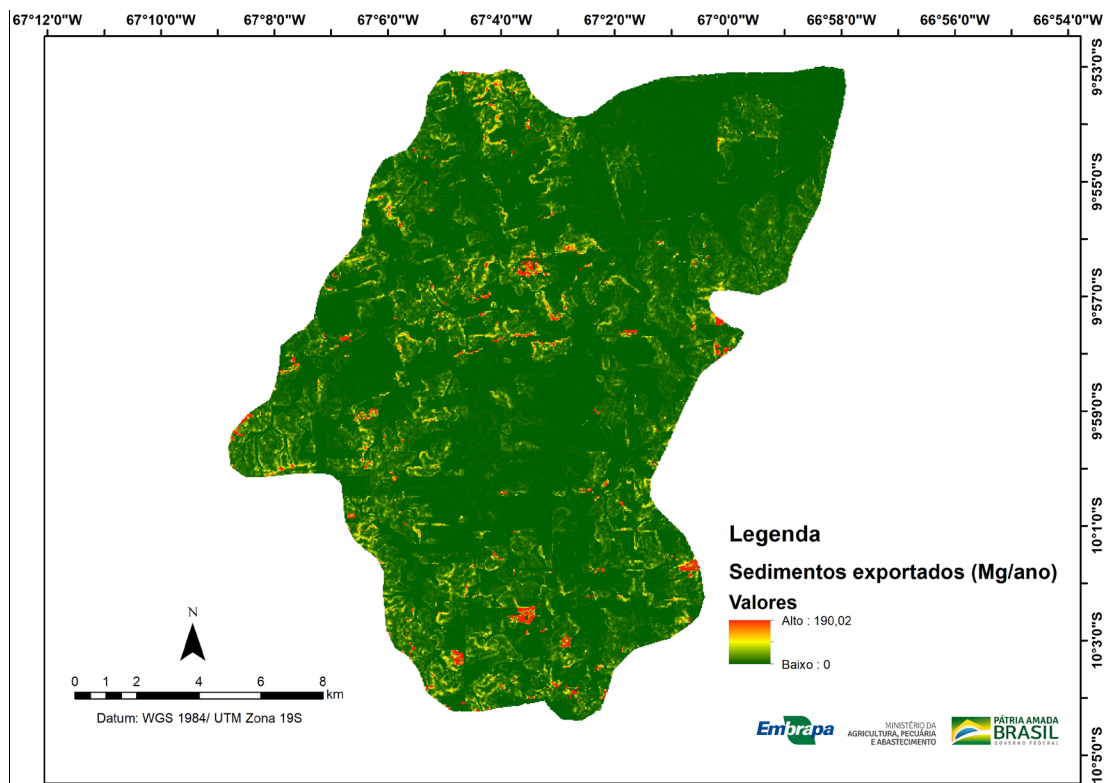


Figura 3. Sedimentos exportados (Mg/ano) na área de estudo da bacia hidrográfica do rio Iquiri (Ituxi), Acrelândia-AC.



Segundo Pruski (2009), quanto mais protegida pela cobertura vegetal estiver a superfície do solo contra a ação da chuva, menor será a sua exposição aos processos erosivos, porque, além de aumentar a quantidade de água interceptada, a vegetação tende a minimizar o efeito da energia de impacto das gotas de chuva, reduzindo a destruição dos agregados e obstrução dos poros, além do selamento superficial do solo. Às condições citadas, acrescenta-se o fato de que a vegetação e os resíduos vegetais funcionam como obstáculos ao escoamento de excedentes hídricos, diminuindo o volume e a velocidade da enxurrada.

Nesse contexto, a sustentabilidade ambiental das bacias hidrográficas tem como objetivos melhorar a qualidade da água, restabelecer habitats específicos e a função do ecossistema, ajudar na recuperação de espécies e manter a prestação de serviços ecossistêmicos (Sharp et al., 2016). Entender os benefícios da alteração do uso do solo a partir da adoção de técnicas para a restauração florestal e também da adoção de práticas conservacionistas do solo para o comportamento e a capacidade de geração de serviços ecossistêmicos é de fundamental importância no planejamento territorial. Assim, proteger e recuperar bacias hidrográficas degradadas ou em degradação contempla uma parte essencial das estratégias futuras para fornecer água potável e garantir segurança hídrica da população.

4. CONCLUSÃO

As estimativas das taxas de sedimentos exportados, por meio da aplicação do software InVEST e seu módulo de estimativa de perda de sedimentos (SDR), na bacia hidrográfica do rio Iquiri (Ituxi) em Acrelândia-AC, devem ser utilizadas com bastante precaução, consideradas as críticas feitas ao modelo que simula apenas erosão laminar e estimativas anuais e não permite, assim, a análise da variação sazonal e de eventos extremos. Acrescenta-se a esse cenário a dificuldade em encontrar uma boa base de dados e resultados de pesquisa no estado do Acre para a atribuição de valores para os fatores e índices empregados no modelo para as diferentes classes de uso e cobertura da terra. Neste estudo, a grande vantagem da aplicação da ferramenta InVEST, modelo SDR, está na indicação dos locais mais vulneráveis à exportação de sedimentos, que foram as lavouras perenes e temporárias, com a estimativa de sedimentos exportados de 11.648,15 Mg/ano e 4.976 Mg/ano em pequenas áreas de 172,69 ha e 88,62 ha respectivamente.

5. AGRADECIMENTOS

Ao CNPq, pela bolsa concedida; à Embrapa Territorial, pela oportunidade de estágio; e a todos os colaboradores.



6. REFERÊNCIAS

- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. Piracicaba: Livroceres, 1985. 392 p
- BORSELLI, L.; BORSELLI, L.; CASSI, P.; TORRI, D. Prolegomena to sediment and flow connectivity in the landscape: A GIS and field numerical assessment numerical assessment. **Catena**, v. 75, n. 3, p. 268–277, 2008.
- CARVALHO, T.; BAYER, M. Utilização dos produtos da ‘Shuttle Radar Topography Mission’ (SRTM) no mapeamento geomorfológico do Estado de Goiás. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 9, n. 1, p. 35-41, 2008.
- CEDAE. Companhia Estadual de Águas e Esgoto do Rio de Janeiro. **Programa de despoluição da Baía de Guanabara - PDBG**. 2020. Disponível em: https://cedae.com.br/despoluicao_baia_guanabara. Acesso em: 23 jun. 2021.
- DENNEDY-FRANK, P. J.; MUENICH, R. L.; CHAUBEY, I.; ZIV, G. Comparing two tools for ecosystem service assessments regarding water resources decisions. **Journal of Environmental Management**, v. 177, n. 15, apr., p. 331–340, 2016.
- GALDINO, S. **Estimativa da perda de terra sob pastagens cultivadas em solos arenosos da bacia hidrográfica do Alto Taquari- MS/MT**. 2012. 115 f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas.
- GOLMOHAMMADI, G.; PRASHER, S.; MADANI, A.; RUDRA, R. Evaluating Three Hydrological Distributed Watershed Models: MIKE-SHE, APEX, SWAT. **Hydrology**, v. 1, p. 20-39, 2014.
- OLIVEIRA, P. T. S.; WENDLAND, E.; NEARING, M. A. Rainfall erosivity in Brazil: a review. **Catena**, v. 100, p. 139-147, 2012.
- PRUSKI, F. F. Fatores que interferem na erosão hídrica do solo. In: PRUSKI, F. F. (Ed). **Conservação de solo e água: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica**. 2. ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2009. p. 41-74.
- SHARP, R.; TALLIS, H. T.; RICKETTS, T.; GUERRY, A. D.; WOOD, S. A.; CHAPLINKRAMER, R.; NELSON, E.; ENNAANAY, D.; WOLNY, S.; OLWERO, N.; VIGERSTOL, K.; PENNINGTON, D.; MENDOZA, G.; AUKEMA, J.; FOSTER, J.; CAMERON, D.; ARKEMA, K.; LONSDORF, E.; KENNEDY, C.; VERUTES, G.; KIM, C. K.; GUANNEL, G.; PAPPENFUS, M.; TOFT, J.; MARSIK, M.; BERNHARDT, J.; GRIFFIN, R.; GLOWINSKI, K.; CHAUMONT, N.; PERELMAN, A.; LACAYO, M.; MANDLE, L.; HAMEL, P.; VOGL, A. L.; ROGERS, L.; BIERBOWER, W. **InVEST +VERSION+ User’s Guide**. The Natural Capital Project; Stanford University; University of Minnesota; The Nature Conservancy; World Wildlife Fund, 2016.
- SILVA, J. M. L.; RODRIGUES, T. E.; VALENTE, M. A.; CARVALHO, E. J. M.; CAMPOS, A. G. S.; RAPOSO, R. P. **Levantamento de reconhecimento de alta intensidade dos solos no município de Acrelândia, Estado do Acre**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2006. 54 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 270).
- THOMPSON, D.; FIDALGO, E. C. C. **Vulnerabilidade dos solos à erosão: estimativa da perda de solos na bacia hidrográfica do rio Guapi-Macacu – RJ**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 30 p. (Embrapa Solos. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 237).
- VIGIAK, O.; COMMISSION, E.; POTOS, S. L. Comparison of conceptual landscape metrics to define hillslope-scale sediment delivery ratio. **Geomorphology**, v. 138, p. 74 - 88, 2012.
- WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. **Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning**. Washington, DC: USDA-ARS Agriculture Handbook, 1978.