

## ESPACIALIZAÇÃO DOS SEDIMENTOS EXPORTADOS EM DIFERENTES TIPOS DE SOLOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IQUIRI (ITUXI)- AC.

Rogério Resende Martins Ferreira<sup>1</sup>, Gabriel de Paula Rodrigues<sup>2</sup>, Lauro Rodrigues Nogueira Júnior<sup>3</sup>,  
Ângelo Mansur Mendes<sup>4</sup>, Sérgio Gomes Tôsto<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Embrapa Territorial, Campinas-SP, rogerio.ferreira@embrapa.br; <sup>2</sup>UNICAMP, Campinas-SP, bielrodrigues60@gmail.com;  
<sup>3</sup>Embrapa Territorial, Campinas-SP, lauro.nogueira@embrapa.br, <sup>4</sup>Embrapa Territorial, Campinas-SP,  
angelo.mansur@embrapa.br, <sup>5</sup>Embrapa Territorial, Campinas-SP, sergio.tosto@embrapa.br

### RESUMO

O planejamento do uso e cobertura da terra visa subsidiar um manejo adequado da bacia hidrográfica com vistas a evitar a sua degradação. Para melhor entender e prever os sedimentos exportados têm sido proposto o software InVest (Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs) no módulo SDR (Sediment Delivery Ratio). O objetivo do estudo foi espacializar e estimar os sedimentos exportados em diferentes solos e usos na área de estudo da bacia hidrográfica do rio Iquiri (Ituxi) em Acrelândia- AC. As maiores taxas de sedimentos exportados foram em áreas de Argissolo vermelho amarelo com 267,19 Mg/ano em seguida com menores valores as áreas de Latossolo vermelho 53,72 Mg/ano e Argissolo vermelho 35,02 Mg/ano. As áreas de Argissolo vermelho amarelo com pastagem sem invasora e lavoura perene são mais susceptíveis a exportação de sedimentos.

**Palavras-chave** — sensoriamento remoto, Amazônia, erosão hídrica, modelagem, gestão territorial.

### ABSTRACT

*The planning of land use and occupation aims to subsidize an adequate management of the hydrographic basin in order to avoid its degradation. In order to better understand and predict exported sediments, the InVest (Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs) software has been proposed in the SDR (Sediment Delivery Ratio) module. The objective of the study was to specialize and estimate the sediments exported in different soils and uses in the study area of the Iquiri River basin (Ituxi) in Acrelândia-AC. The highest rates of exported sediments were in areas of red yellow Ultisol with 267.18 Mg/year, followed by lower values in areas of red Latosol with 53.73 Mg/year and red Ultisol with 35.03 Mg/year. Areas of red yellow Ultisol with non-invasive pasture and perennial crop are more susceptible to sediment export.*

**Key words** — remote sensing, Amazon, water erosion, modeling, territorial management.

### 1. INTRODUÇÃO

A erosão hídrica constitui um dos problemas de grande parte dos agricultores em função do solo, topografia, preparo com revolvimento excessivo, queima de resíduos da agricultura anterior, baixa aplicação de insumos e manutenção do solo por um longo período de tempo exposto à ação erosiva das chuvas (BERTOL et al., 2003).

O planejamento do uso e cobertura da terra visa subsidiar um manejo adequado da bacia hidrográfica com vistas a evitar a sua degradação. O planejamento é facilitado quando existem parâmetros que permitem estimar os sedimentos exportados com as alterações do uso e cobertura da terra em diferentes tipos de solos, pois as alterações interferem nas suas propriedades, refletindo de forma positiva ou negativa nas propriedades e características das águas dos rios e no ciclo hidrológico dos mananciais.

Para melhor entender e prever os sedimentos exportados têm sido proposto o software InVest (Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs) no módulo SDR (Sediment Delivery Ratio). Desenvolvido como parte do projeto Capital Natural, uma parceria entre Universidade de Standford, The Nature Conservancy (TNC), World Wildlife Fund (WWF) e outras instituições, o software InVEST avalia os benefícios e trade-offs dos serviços ecossistêmicos de uso e cobertura da terra e auxilia no processo de tomada de decisão de gestores ambientais (DENNEDY-FRANK et al., 2016).

Desta forma, o objetivo do estudo foi espacializar e estimar os sedimentos exportados em diferentes solos e uso e cobertura da terra na área de estudo da bacia hidrográfica do rio Iquiri (Ituxi) em Acrelândia- AC.

### 2. MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo, com 24.612,05 ha está situada no estado do Acre. 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" e 9°53'0,5"S. Abrange parte dos municípios de Acrelândia, Senador Guimard e Plácido de Castro (Figura 1).

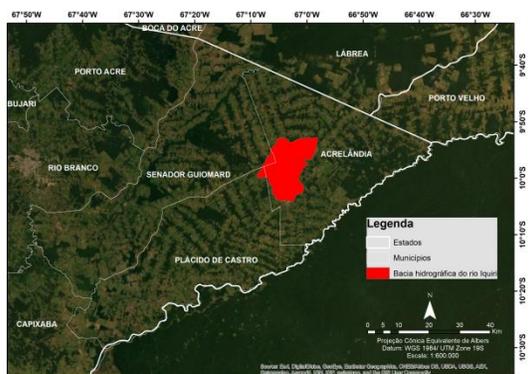


Figura 1. Área de estudo na bacia hidrográfica do rio Iquiri (Ituxi), Acrelândia- AC.

O clima local é o Am (tropical de monção) Köppen. A vegetação pretéria do local em áreas antropizadas é a Floresta Ombrófila Densa. Na figura 2 apresenta o uso e cobertura da terra no cenário atual (QUARTAROLI et al., prelo).

Os solos da área de estudo na bacia hidrográfica do rio Iquiri (Ituxi) possui características pedológicas importantes, das quais se destacam três classes de solos, o Argissolo vermelho amarelo, o Argissolo vermelho e o Latossolo vermelho (SILVA et al., 2006):

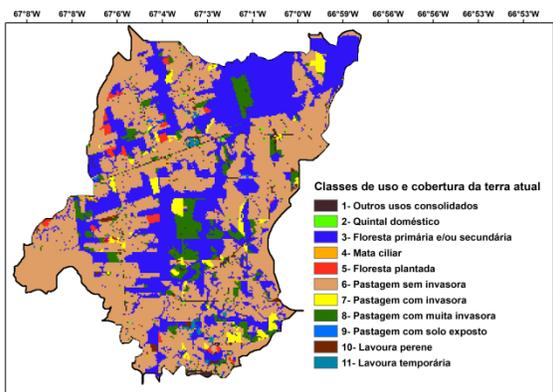


Figura 2. Uso e cobertura da terra atual na área de estudo da bacia hidrográfica do rio Iquiri (Ituxi), Acrelândia- AC. Fonte: Quartaroli et al. (prelo).

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.

Enquanto que a carga de sedimento 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:

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

Onde:

$usle_i$  = Perda de solo em  $Mg\ ha^{-1}\ ano^{-1}$ ;

R = fator erosividade, índice de erosão pela chuva ( $MJ\ mm\ ha^{-1}\ h^{-1}\ ano^{-1}$ );

K = fator erodibilidade dos solos face suas características físicas ( $Mg\ ha\ h\ ha^{-1}\ MJ^{-1}\ mm^{-1}$ );

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;

P = índice relativo à prática conservacionista adotada.

A equação da taxa de sedimento exportado (SDR) proposta por Vigiak et al. (2012), dada pela equação 4:

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

Onde  $SDR_{max}$  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 índice modela a exportação ou retenção do sedimento pixel a pixel baseado na relação entre as declividades dos pixels vizinhos, dada pela Equação 5:

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

Onde:

$D_{acima}$  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.

Os dados morfométricos (índices L e S) são obtidos automaticamente pelo InVEST a partir de um modelo digital de terreno (MDT). Para análise comparativa nessa pesquisa utilizou o modelo digital de terreno hidrológicamente consistente – MDTHC com o tamanho de cada célula (pixel) foi de 30 x 30 m.

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 deste mapa, utilizaram-se os dados de erosividade obtidos por Oliveira et al. (2012). O fator K (erodibilidade do solo) foi atribuído para cada classe de solos de acordo com referências encontradas na literatura (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1985). O mapa foi convertido para o formato raster (30 m) e reclassificado com base nos valores de erodibilidade ( $Mg\ ha\ h\ MJ^{-1}\ ha^{-1}\ mm^{-1}$ ) para cada tipo de solo.

Classes de uso	Índice C	Índice P
Outros usos	0.0000	1
Quintal doméstico	0.0080	1
Floresta primária secundária	0.0004	1
Mata ciliar	0.0008	1
Floresta plantada	0.0080	1
Pastagem sem invasora	0.0070	1
Pastagem com invasora	0.0084	1
Pastagem muita invasora	0.0026	1
Pastagem solo exposto	0.0250	1
Lavoura perene	0.0400	1
Lavoura temporária	0.0821	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 área de estudo da bacia hidrográfica do rio Iquiri (Ituxi) em Acrelândia – AC. Fonte: Bertoni e Lombardi Neto (1985).**

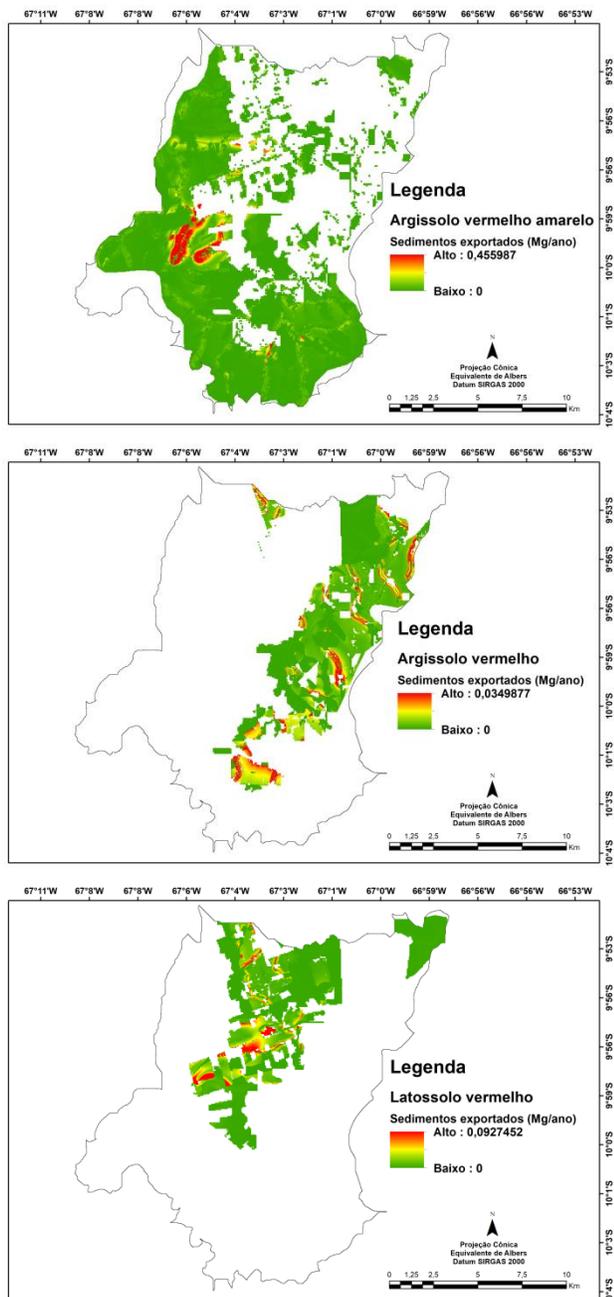
Além do mapa de uso e cobertura da terra em formato raster (30 m) figura 2, o InVEST requer uma tabela em formato CSV com os valores dos índices C (índice relativo ao uso e manejo da terra) e P (índice relativo à prática conservacionista adotada) para cada classe de uso e cobertura da terra (Tabela 1). Para os índices C foram utilizados dados da literatura (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1985). Arbitrariamente, visto que não foram checadas in loco as práticas conservacionista adotadas na bacia hidrográfica, para os índices P de todas as classes de uso e cobertura da terra aplicou-se o valor 1.

### 3. RESULTADOS

Os resultados obtidos pela modelagem apresentam uma estimativa dos valores de sedimentos exportados nos Latossolos vermelho, Argissolos vermelho e Argissolos vermelho-amarelo em diferentes coberturas do solo no cenário atual. De acordo com as estimativas apresentadas na tabela 2, as maiores taxas de sedimentos exportados foram em áreas de Argissolo vermelho amarelo com 267,19 Mg/ano em seguida com menores valores as áreas de Latossolo vermelho 53,72 Mg/ano e Argissolo vermelho 35,02 Mg/ano. A classe pastagem sem invasora está nas maiores áreas (12.063,05 ha) e maiores taxas de sedimentos exportados 195,03 Mg/ano em Argissolo vermelho amarelo, 41,88 Mg/ano em Latossolo vermelho e 30,29 em Argissolo vermelho. As áreas destinadas a lavoura perene estão em áreas menores (172,69 ha) em com valores de sedimentos exportados em Argissolo vermelho amarelo 21,02 Mg/ano, Latossolo vermelho 0,27 Mg/ano e Argissolo vermelho 0,22 Mg/ano. Em seguida a classe pastagem com muita invasora com area 1.711,31 ha e apresenta taxas de sedimentos exportados 18,86 Mg/ano em Argissolo vermelho amarelo, 2,85 Mg/ano em Argissolo vermelho, 1,51 Mg/ano em Latossolo vermelho.

Classes de uso	Área	Latossolo vermelho	Argissolo vermelho amarelo	Argissolo vermelho
Outros usos	574,99	0,00	0,00	0,00
Quintal doméstico	84,39	0,11	1,60	0,03
Floresta primária e secundária	8.829,46	3,00	1,84	0,52
Mata ciliar	82,89	0,00	0,14	0,00
Floresta plantada	287,83	0,27	12,38	0,00
Pastagem sem invasora	12.063,05	41,88	195,03	30,29
Pastagem com invasora	667,86	2,89	8,17	1,04
Pastagem muita invasora	1.711,31	1,51	18,86	2,85
Pastagem solo exposto	48,96	0,25	0,22	0,03
Lavoura perene	172,69	0,27	21,02	0,22
Lavoura temporária	88,62	3,54	7,93	0,04
<b>TOTAL</b>	<b>24.612,05</b>	<b>53,72</b>	<b>267,19</b>	<b>35,02</b>

**Tabela 2. Área (ha) e estimativas de perda de sedimentos exportados (Mg/ano) em diferentes tipos de solos e classes de uso e cobertura da terra na área de estudo da bacia hidrográfica do rio Iquiri (Ituxi) em Acrelândia - AC.**



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

Os resultados da estimativa de sedimentos exportados (Figura 3) com o limite MDTHC obtidos pela aplicação do módulo SDR do software InVEST referem-se sedimentos exportados da média anual de cada parcela de terra, neste caso, a exportação de sedimentos por área do pixel (30 x 30 metros). As cores em vermelho são as áreas de pastagem sem invasora, lavoura perene que apresentam a maior taxa de sedimentos exportados, que chegaram a aproximadamente 0,45 Mg/ano por pixel (900 m<sup>2</sup>) em

Argissolo vermelho amarelo, 0,09 Mg/ano em Latossolo vermelho e 0,03 Mg/ano em Argissolo vermelho.

#### 4. DISCUSSÃO

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. 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.

#### 5. CONCLUSÃO

As áreas de Argissolo vermelho amarelo com pastagem sem invasora e lavoura perene são mais susceptíveis a exportação de sedimentos na área de estudo da bacia hidrográfica do rio Iquiri (Ituxi) em Acrelândia- AC.

#### 6. REFERÊNCIAS

- BERTOL, I.; MELLO, E.L.; GUADAGNIN, J.C.; ZAPAROLLI, A.L.V. & CARRAFA, M.R. Nutrients losses by water erosion. *Sci. Agric.*, 3:581-586, 2003.
- BERTONI, J; LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. Piracicaba: Livrocercos, 1985. 392 p
- BORSELLI, L.; CASSI, P.; TORRI, D. Prolegomena to Sediment and Flow Connectivity in the Landscape: A GIS Andfield Numerical Assessment. *Catena*, 2008, v. 75(3), p. 268-277.
- 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.
- OLIVEIRA, P. T. S.; WENDLAND, E.; NEARING, M.A. Rainfall erosivity in Brazil: a review. *Catena*, v.100, p.139-147, 2012.
- QUARTAROLI, C. F.; TÔSTO, S. G.; GOMES, M.A F.; FERREIRA, R. R. M. Uso e cobertura das terras da bacia hidrográfica do rio Iquiri (Ituxi) em Acrelândia- AC (prelo).
- 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. Folhetos, Embrapa Amazônia Oriental, Belém, 2006.
- VIGIAK, O.; BORSELLI, L.; NEWHAM, L.T.H.; MCLNNES, MJ.; ROBERTS, A.M. Comparison of conceptual landscape metrics to define hillslope-scale sediment delivery ratio. *Geomorphology*, 2012, p. 74-88