



ESTIMATIVA DA PERDA DE SOLO E DO ÍNDICE DE TEMPO DE VIDA DO SOLO (ITVS) PARA DIFERENTES USOS E OCUPAÇÕES DA TERRA NA ÁREA DE ESTUDO DA BACIA DO RIO IQUIRI (ITUXI)–AC

Gabriel de Paula **Rodrigues**¹; Rogério Resende Martins **Ferreira**²; Sergio Gomes **Tôsto**³

Nº 22502

RESUMO – Os serviços ecossistêmicos relacionados ao manejo e à conservação do solo e da água têm recebido especial atenção por parte de gestores ambientais, que, diante das dificuldades tanto orçamentárias quanto empíricas, buscam estabelecer meios de preservação para tais recursos. Assim, tem adquirido fundamental importância entender quais são os impactos negativos e positivos da alteração do uso e da cobertura da terra, a partir da adoção de práticas de produção agropecuárias para a conservação do solo. Para compreender a importância da adoção de práticas conservacionistas no manejo do solo e em bacias hidrográficas na Amazônia, este estudo teve como objetivo estimar a perda de solo e o índice de tempo de vida do solo usando o software InVEST (módulo SDR) e o método ITVS na área de estudo, a 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 hectares, a bacia tem como principal ocupação territorial o município de Acrelândia, no estado do Acre. As maiores perdas de solos são decorrentes das lavouras perenes ($13,09 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) e temporárias ($7,35 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$), que causam grandes perdas e baixos tempos de vida do solo em usos, chegando ao mínimo de 174 anos e ao máximo de 1.136 anos de vida.

Palavras-chave: Erosão 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 Territorial, Campinas, SP. sergio.tosto@embrapa.br.



ABSTRACT – *Ecosystem services related to soil and water management and conservation have been getting special attention from environmental managers, who, face both budgetary and empirical difficulties and seek to establish means of preservation for such resources. Thus, it has become of fundamental importance to understand the negative and positive impacts to soil conservation of changes in land use and cover caused by the adoption of agricultural production practices. To understand the importance of adopting conservation practices in soil management and in watersheds in the Amazon, this study aimed to estimate soil loss and soil lifetime index using the InVEST software (SDR module) and the ITVS method on the study area, the Iquiri River (Ituxi) watershed in Acrelândia-AC, based on the current land use and land cover scenario. With an area of 24,612 hectares, the watershed's territory is occupied mainly by the municipality of Acrelândia, in the state of Acre. The biggest soil losses are caused by perennial ($13.09 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$) and temporary ($7.35 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$) crops, which cause big losses and small soil life times, which reach a minimum of 174 years and a maximum of 1.136 years of life.*

Keywords: Soil erosion, geotechnologies, environmental services, land use and land cover.

1. INTRODUÇÃO

Os processos relacionados com a degradação dos atributos do solo são: erosão hídrica, compactação, acidificação, exaustão de nutrientes presentes no solo e diminuição do carbono orgânico e da biodiversidade. A erosão é um processo de arraste de partículas do solo causado, entre outros fatores, pela ação da água (hídrica) e do vento (eólica). No caso específico da erosão hídrica, que é causada pelo impacto das gotas de chuvas e pelo escoamento superficial, há o transporte das partículas de solo em suspensão e dos elementos nutritivos essenciais ao desenvolvimento das culturas e vegetação nativa (Thomaz, 2019).

Na busca de soluções para a degradação do solo por erosão, o planejamento adequado do uso e da ocupação das terras deve incluir um diagnóstico com base na estimativa das taxas de perda de solo e sua interpretação empregando o critério de tolerância de perda de solo (Rockstrom et al., 2009; Reid et al., 2010). O índice de tempo de vida do solo (ITVS) é uma metodologia para interpretação da erosão do solo e avaliação da sustentabilidade de sistemas agrícolas, aplicável ao diagnóstico e à avaliação do impacto da erosão do solo em determinada área (Sparovek et al., 1997; Weill, 1999; Weill; Sparovek, 2008). Esse índice proporciona uma melhor interpretação da perda de solo estimada pelos diferentes modelos de erosão – Equação Universal de Perda de Solo (Eups), Equação Universal de Perda de Solo Revisada (Rusle), Water Erosion Prediction Project



(WEPP), InVEST –. Em função de suas características, o índice integra uma ferramenta para o planejamento do uso das terras em bases sustentáveis, identificando três situações de planejamento: conservação de recursos (perda de solo < renovação do solo); tempo de vida zero (solo com profundidade efetiva inferior à considerada crítica para desenvolvimento da cultura em questão); e degradação de recursos (perda de solo > renovação do solo e solo mais profundo que a profundidade crítica definida) (Weill; Sparovek, 2008).

Além do ITVS, outra ferramenta importante para a gestão dos serviços ecossistêmicos e que ganha destaque no cenário atual é o software InVEST (Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs), por sua simplicidade e variedade de recursos. 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 tem como objetivo avaliar os benefícios e *tradeoffs* dos serviços ecossistêmicos sob uma variedade de cenários de uso e cobertura da terra, auxiliando no processo de tomada de decisão por parte dos gestores ambientais (Dennedy et al., 2016).

O objetivo deste estudo foi estimar a perda de solo e o índice de tempo de vida do solo por meio da aplicação do software InVEST (módulo SDR) e do método ITVS na área de estudo, a Bacia Hidrográfica do Rio Iquiri (Ituxi) em Acrelândia–AC, a partir do cenário atual de uso e cobertura da terra.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo, com 24.612,05 ha, está situada no estado do Acre (Figura 1). Corresponde à parte da Bacia do Rio Ituxi ou Iquiri 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 e parte dos projetos de assentamento federal (PA) São João e Porto Feliz II e do Projeto de Assentamento Dirigido (PAD) Pedro Peixoto. Na Figura 2 são é apresentado o uso e ocupação do solo atual (Quartaroli et al., no prelo).

Segundo Alvares et al. (2013), o clima local é o Am (tropical de monção) segundo a classificação climática de Köppen, caracterizado por apresentar temperatura média igual ou superior a 18 °C no mês mais frio, com precipitação inferior a 60 mm no mês mais seco e precipitação anual igual ou superior a 25 mm (100 mm-Pseco, em que Pseco é a precipitação em mm).

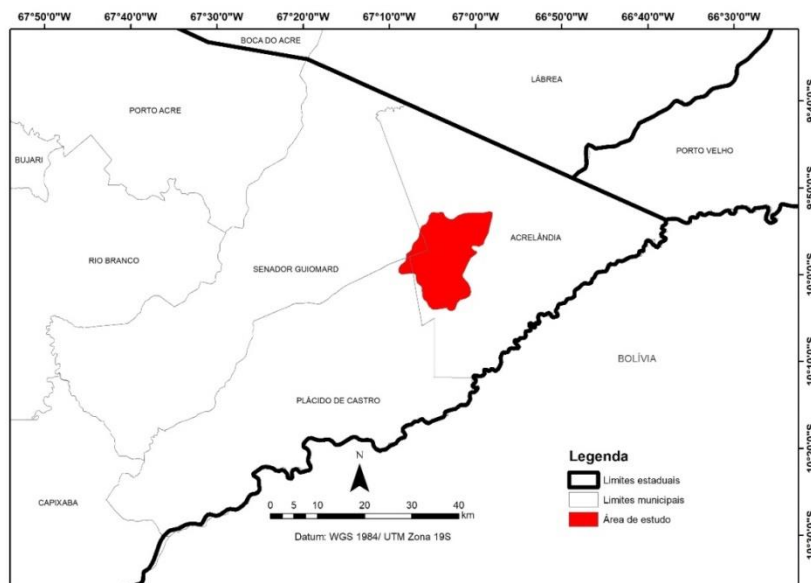


Figura 1. Área de estudo na Bacia Hidrográfica do Rio Iquiri (Ituxi), Acrelândia–AC. Fonte: IBGE (2019b).

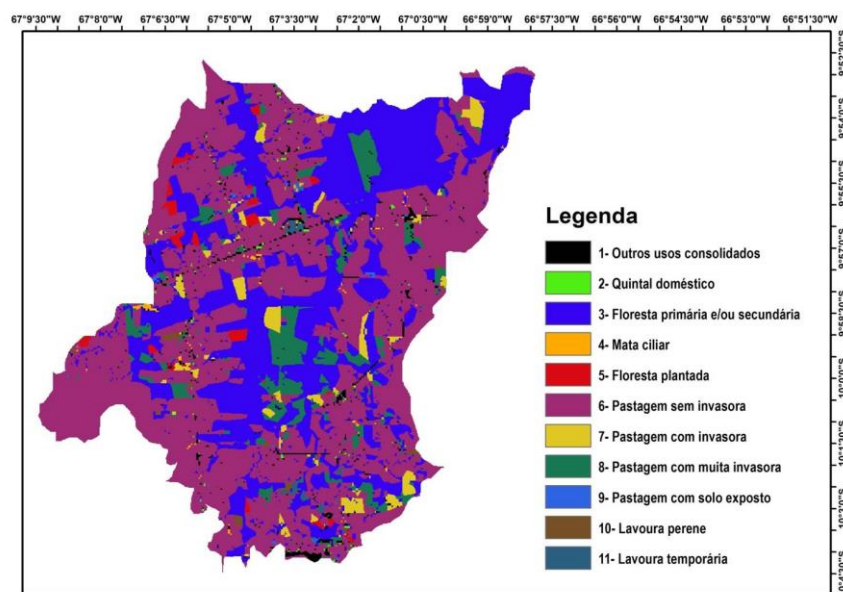


Figura 2. Uso e ocupação do solo atual na área de estudo da Bacia Hidrográfica do Rio Iquiri (Ituxi), Acrelândia–AC. Fonte: Quartaroli et al. (no prelo).

Segundo mapa elaborado pelo IBGE (2019a), a vegetação pretérita do local em áreas antropizadas era a Floresta Ombrófila Densa. Em áreas não antropizadas, o mesmo mapa aponta o predomínio de Floresta Ombrófila Densa das Terras Baixas com Dossel Emergente e a ocorrência secundária de Floresta Ombrófila Aberta das Terras Baixas com Bambus.

Quanto aos solos, a área de estudo apresenta importantes características pedológicas que determinam as suas estimativas de perda, com destaque para três classes de solo (Figura 3).

Segundo Rodrigues et al. (2003a, 2003b) e Silva et al. (2006), nas cabeceiras da bacia, próximo aos limites entre os municípios de Acrelândia, Plácido de Castro e Senador Guimard, ocorre a associação Argissolo Vermelho–Amarelo Distrófico alumínico e plíntico, com horizonte A moderado, textura média/argilosa, relevo suave ondulado e ondulado. A profundidade do caráter plíntico está acima de 60 cm. Tal classe é predominante na área de estudo, tendo sido

reconhecida em 13.628 ha, e tem aptidão regular para lavouras e boa para pastagens, sua principal classe de uso (Quartaroli et al., prelo) Na parte da área de estudo situada à margem direita do Rio Ituxi, é predominante a associação de Argissolo Vermelho Distrófico plíntico, com horizonte A moderado, textura argilosa/muito argilosa, relevo suave ondulado. A classe ocorre em cerca de 6.024 ha do recorte da bacia, com aptidão boa para lavouras e regular para pastagens. Na parte situada à margem esquerda do Rio Ituxi, predomina a associação Latossolo Vermelho Distrófico típico, com horizonte A moderado, textura argilosa, relevo plano a suave ondulado, que ocorre em 4.960 ha, com aptidão boa para lavouras.

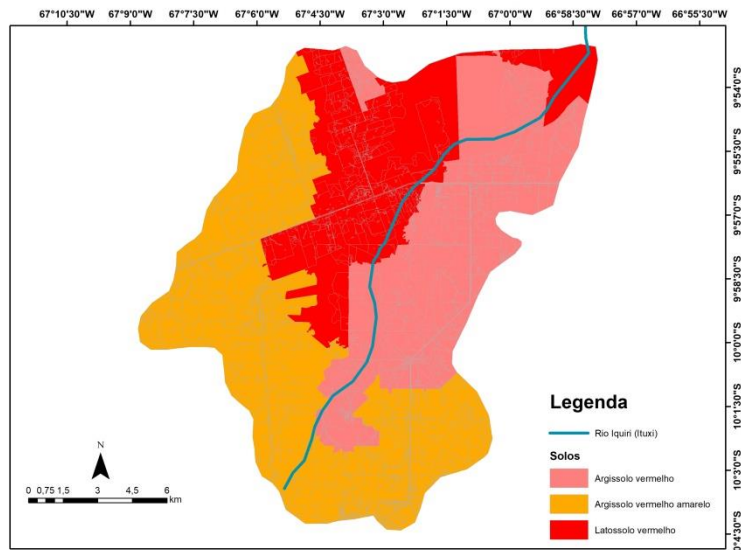


Figura 3. Mapa de solos da área de estudo na Bacia Hidrográfica do Rio Iquiri (Ituxi) em Acrelândia-AC. Fonte: Silva et al. (2006).

A metodologia do ITVS refere-se ao cálculo do tempo de vida do solo a partir das taxas atuais de perda de solo, estimadas por um modelo de erosão, de uma taxa média de renovação do solo ($0,2 \text{ mm ano}^{-1}$) e da espessura do solo, a qual excede uma profundidade mínima predefinida como crítica para a finalidade agrícola em questão. A partir da condição crítica do ITVS é possível estabelecer situações de planejamento e identificar o tempo restante para a instalação de um impacto permanente no recurso solo. Para o caso em questão, será quando o solo atingir uma profundidade efetiva coincidente ou abaixo da profundidade crítica predefinida, o que representa uma degradação da qualidade do solo e um prejuízo do desempenho de suas funções (Weill, 1999).

Para a aplicação do módulo Sediment Delivery Ratio (SDR) do software InVEST, é estimada a perda de solos por erosão laminar a partir da aplicação da Equação Universal de Perdas de Solos (USLE) (Wischmeier; Smith, 1978), dada pela Equação (1):



$$uslei = R * K * L * S * C * P \quad (1)$$

Na qual:

uslei = 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 ante suas características físicas (Mg ha h ha⁻¹ MJ⁻¹ ha⁻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 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) foram gerados usando o modelo digital de terreno hidrológicamente consistente (MDTHC), o interpolador *Topo to Raster* e a extensão Arc Hydro Tools, presentes no ArcMap 10.8 (Hutchinson, 1988). A interpolação é feita com base em dados vetoriais, com pontos cotados, curvas de nível e hidrografia. Para pontos cotados e curvas de nível, foi selecionado o campo “Cota” e, para o campo “Tipo”, foram selecionados *Point Elevation* e *Contour*, respectivamente. Para a hidrografia, o “Tipo” selecionado foi *Stream*. Para o polígono da área de estudo, o “Tipo” selecionado foi *Boundary*. Para o tipo primário de dado utilizado, foi selecionada a camada das curvas de nível (*Contour*). O tamanho de cada célula (pixel) foi de 30 x 30 m (Hyslop; Galdino, 2021).

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). O fator K (erodibilidade do solo) foi atribuído a 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.



Com o valor obtido de A ($\text{Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$), foi calculada a perda de solo expressa em altura (h , mm ano^{-1}) a partir da Equação (2):

$$h = 0,1 * A * d^{-1} \quad (2)$$

Na qual:

h = Perda de solo (mm ano^{-1});

A = Taxa anual de perda de solo ($\text{Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$);

d = Densidade do solo (g cm^{-3}).

Como observado na Equação (2), para transformar as taxas anuais de perda de solo de $\text{Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ para mm ano^{-1} foram empregados os valores de densidade do solo para cada classe em questão. Os valores utilizados para a densidade do solo foram obtidos por Silva et al. (2006) para o horizonte superficial A, uma vez que a taxa de perda de solo é calculada a partir da erodibilidade do solo, a qual é definida para o horizonte de superfície.

A obtenção da taxa "líquida" de perda de solo foi determinada a partir da Equação (3), tendo sido considerada uma taxa média de renovação do solo de $0,2 \text{ mm ano}^{-1}$ (Skidmore, 1982).

$$h^1 = h - r \quad (3)$$

Na qual:

h^1 = taxa líquida de perda de solo (mm ano^{-1});

h = Perda de solo (mm ano^{-1});

r = Taxa de renovação do solo (mm ano^{-1}).

A metodologia do ITVS considera três possíveis situações de planejamento: a primeira, denominada "conservação dos recursos", ocorre onde a taxa de renovação do solo apresenta valores maiores que as taxas de perda de solo estimadas pelo modelo de erosão, identificando uso sustentável; uma segunda possibilidade refere-se ao "tempo de vida do solo zero", quando a profundidade efetiva do solo (ou soma das espessuras dos horizontes A + B) no momento presente já é inferior à profundidade crítica predefinida para a área de análise, indicativo de área para recuperação da vegetação e preservação; finalmente, nos locais nos quais as taxas atuais de perda de solo superam a taxa de renovação e a profundidade efetiva é superior à profundidade crítica predefinida, caracteriza-se a situação de "degradação dos recursos", indicando a necessidade de cálculo do tempo de vida do solo e estabelecimento de cenários de planejamento.



Na aplicação do ITVS nas áreas em situação de “degradação dos recursos”, foram estabelecidas duas situações para análise, visando melhor interpretação da situação das áreas ante a erosão. Na primeira, foi determinado o tempo necessário para a remoção da camada considerada como “mais fértil” do solo, a qual apresenta a maior parte dos nutrientes e número de raízes, e definida como a profundidade de 0 – 30 cm do solo; tal situação foi denominada de Caso 1 (C-1). Na segunda situação analisada, Caso 2 (C-2), foi definida a profundidade crítica de 100 cm de solo, considerada a mínima “ideal”. Com isso, o índice de tempo de vida do solo foi determinado com base na espessura de solo restante ou superior a 100 cm. Quando é atingida a profundidade efetiva do solo de 100 cm, é identificada a necessidade de intervenção sobre o sistema de cultivo adotado.

A determinação do referido índice foi feita para todos os usos e ocupações da área de estudo da Bacia do Rio Iquiri (Ituxi)-AC, objetivando determinar o tempo remanescente para os recursos, em anos, para que seja possível mitigar e controlar a situação de impacto permanente.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram obtidos dois importantes resultados a partir da aplicação do módulo SDR do software InVEST e do ITVS: um representa a estimativa preliminar dos valores de perda de solo na área (Tabela 1) e o outro quantifica o tempo de vida do mesmo solo em anos (Tabela 2). Ambos os resultados seguem as classes de uso e cobertura da terra que se destacam na região e que foram constatadas em trabalho de campo.

Entre as 11 classes de uso estabelecidas na área de estudo, as que mais chamam a atenção em relação à perda de solo são as lavouras perene e temporária, que englobam 172,69 ha e 88,62 ha e têm taxas atuais de perda do solo estimadas em 7,35 e 13,09 Mg ha⁻¹ ano⁻¹. A categoria “pastagem com invasora” apresenta taxas atuais de perda de solo de 1,38 Mg ha⁻¹ ano⁻¹, e “pastagem com solo exposto”, 2,24 Mg ha⁻¹ ano⁻¹. Em relação à estimativa de perda de solo, destacam-se as taxas atuais da classe “pastagem sem invasora”, com 10.977,37 Mg ano⁻¹, devido à sua grande área em hectares, depois “lavoura temporária”, com 1.160,03 Mg ano⁻¹ e área menor, de 88,62 ha, e, em seguida, com área de 172,69 ha, “lavoura perene”, com a estimativa de 1.269,27 Mg ano⁻¹. Outras duas classes que ganham destaque são “floresta plantada” e “pastagem com solo exposto”, com valores medianos de perda de solo, mas grandes impactos nos serviços ecossistêmicos, devido às suas pequenas áreas, e que apresentam valores como 552,63 Mg ano⁻¹ em 287,83 ha e 109,67 Mg ano⁻¹ em 48,96 ha.

Tabela 1. Área e estimativas de perda de solo por classe de uso e cobertura da terra em parte da Bacia Hidrográfica do Rio Iquiri (Ituxi) em Acrelândia–AC.

Classes de uso	Área (ha)	Perda de solo	
		Mg ano ⁻¹	Mg ha ⁻¹ ano ⁻¹
Outros usos	574,99	0,00	0,00
Quintal doméstico	84,39	87,76	1,04
Floresta primária secundária	8.829,46	529,76	0,06
Mata ciliar	82,89	14,09	0,17
Floresta plantada	287,83	552,63	1,92
bPastagem sem invasora	12.063,05	10.977,37	0,91
Pastagem com invasora	667,86	921,65	1,38
Pastagem muita invasora	1.711,31	427,83	0,25
Pastagem solo exposto	48,96	109,67	2,24
Lavoura perene	172,69	1.269,27	7,35
Lavoura temporária	88,62	1.160,03	13,09
TOTAL	24.612,05	15.997,83	0,65

A partir das estimativas de perda de solo, foi possível estabelecer o ITVS de cada classe e definir se os solos se apresentam em situação de conservação ou degradação dos recursos. Além dessa análise, foram levados em consideração os dois tipos de solos com maior cobertura na área de estudo da Bacia Hidrográfica do Rio Iquiri (Ituxi): o Latossolo e o Argissolo. Dessa maneira, foi produzida a Tabela 2, com os valores de ITVS e a identificação de usos “em conservação”.

Os resultados apresentados na Tabela 2 trazem algumas reflexões e análises importantes para o estudo da área e dos serviços ecossistêmicos locais, assim como para auxiliar no processo de tomada de decisão por parte dos agricultores. Nessa tabela, é visível que grande parte das classes de uso e cobertura estão em estado de conservação dos recursos, e a classe “pastagem com invasora” está em situação bem próxima de se intitular em conservação, mas apresenta perda de solo maior que sua taxa de renovação, e alto ITVS, cerca de 107.142,85 anos para C1 e 357.142,85 anos para C2.

Mesmo com o predomínio de classes em conservação, há algumas ressalvas em relação à produtividade de colheitas, no caso da lavoura perene e, mais delicadamente, da lavoura temporária. A lavoura perene cultivada em Latossolo tem cerca de 375,46 anos de vida em C1 e 1.251,56 anos em C2; em Argissolo, seu ITVS diminui para 340,90 anos em C1 e 1.136,36 anos em C2. Para lavouras temporárias, em Latossolo o ITVS corresponde a 189,87 anos em C1 e cerca de 632,91 anos em C2; já em Argissolo, o valor de ITVS atinge o seu menor resultado nesta pesquisa, com cerca de 174,41 anos de vida em C1 e 581,39 anos em C2. Tais estimativas fazem



relação com as práticas conservacionistas adotadas, a cobertura vegetal que regula a ação das águas e também o sistema de drenagem local.

Tabela 2. Densidade, perda média e índice de tempo de vida do solo (ITVS) em parte da Bacia Hidrográfica do Rio Iquiri (Ituxi) em Acrelândia–AC.

Uso e cobertura – Aseam	Densidade do solo g cm ³		Perda média solo/mm ano ⁻¹		Latossolo		Argissolo	
	Latossolo	Argissolo	Latossolo	Argissolo	ITVS/anos (C1)	ITVS/anos (C2)	ITVS/anos (C1)	ITVS/anos (C2)
Outros usos	1,36	1,47	0,00	0,00	Conservação	Conservação	Conservação	Conservação
Quintal doméstico	1,36	1,47	0,14	0,15	Conservação	Conservação	Conservação	Conservação
Floresta primária secundária	1,36	1,47	0,008	0,008	Conservação	Conservação	Conservação	Conservação
Mata ciliar	1,36	1,47	0,02	0,02	Conservação	Conservação	Conservação	Conservação
Floresta plantada	1,36	1,47	0,26	0,28	4.909,98	16.366,61	3.649,63	12.165,45
Pastagem sem invasora	1,36	1,47	0,12	0,13	Conservação	Conservação	Conservação	Conservação
Pastagem com invasora	1,36	1,47	0,18	0,202	Conservação	Conservação	107.142,85	357.142,85
Pastagem muita invasora	1,36	1,47	0,03	0,03	Conservação	Conservação	Conservação	Conservação
Pastagem solo exposto	1,36	1,47	0,30	0,32	2.884,61	9.615,38	2.325,58	7.751,93
Lavoura perene	1,36	1,47	0,99	1,08	375,46	1.251,56	340,90	1.136,36
Lavoura temporária	1,36	1,47	1,78	1,92	189,87	632,91	174,41	581,39

A aplicação do ITVS é uma forma indireta de avaliar o impacto da erosão sobre a qualidade do solo e a sustentabilidade da produção agrícola. Tem como vantagem não ser baseado nas relações diretas entre erosão e produção (Weill; Sparovek, 2008). Neste contexto, os resultados expostos têm como objetivo responder a demandas ambientais e auxiliar no processo de sustentabilidade: ajudar a 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). Assim, entender os benefícios da adoção de práticas conservacionistas na gestão de serviços ecossistêmicos é de grande importância para o planejamento territorial.

4. CONCLUSÃO

O uso do índice de tempo de vida do solo (ITVS) como ferramenta quantitativa de avaliação do impacto da erosão instalada na área de estudo, na Bacia do Rio Iquiri (Ituxi), permite diferenciar classes em estado de conservação e áreas com impactos no tempo atual, apesar da dificuldade em encontrar uma boa base de dados e resultados de pesquisa para o 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) e também do ITVS está na indicação dos usos com menor tempo de vida e maior vulnerabilidade à perda de solo, que foram as lavouras perenes e temporárias. Essa detecção possibilita a adoção de práticas conservacionistas nesse tipo de solo, principalmente nas áreas de maior declividade e na presença de solos com horizonte B textural.

5. AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa concedida, à Embrapa Territorial, pela oportunidade de estágio, a todos os colaboradores e revisores e ao orientador.

6. REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. Piracicaba: Livrocetes, 1985. 392 p
- 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. Apr., p. 331–340, 2016.
- HUTCHINSON, J. N. General report: morphological and geotechnical parameters of landslides in relation to geology and hydrogeology: Proc. 5th International Symposium on Landslides, Lausanne, 10–15 July 1988 v.1, p.3–35. Publ. Rotterdam: A A Balkema, 1988. **International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts**, v. 26, 1988.
- HYSLOP, K.; GALDINO, S. Geração de modelo digital de terreno hidrologicamente consistente para delimitação de bacia hidrográfica na Amazônia. In: CONGRESSO INTERINSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 15., 2021, Campinas. **Anais...** Campinas: Instituto de Zootecnia, 2021. 12 p.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Geociências**: informações ambientais, vegetação, vetores, escala 1: 250.000. 2019a.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cartas e mapas**: bases cartográficas contínuas. 2019b. Disponível em: https://geoftp.ibge.gov.br/cartas_e_mapas/bases_cartograficas_continuas/bc250/versao2019/informacoes_tecnicas/. Acesso em: 27 jul. 2022.
- 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).
- REID, W. V.; CHEN, D.; GOLDFARB, L.; HACKMANN, H.; LEE, Y. T.; MOKHELE, K.; OSTROM, E.; RAVIO, K.; ROCKSTRÖM, J.; SCHELLNHUBER, H. J.; WHYTE, A. Earth System Science for Global Sustainability: Grand Challenges. *Environment and Development*, v. 330, n. 6006, 2010.
- ROCKSTROM, J.; STEFFEN, W.; NOONE, K.; PERSSON, A.; CHAPIN, F. S. III.; LAMBIN, E.; LENTON, T. M.; SCHEFFER, M.; FOLKE, C.; SCHELLNHUBER, H. J.; NYKVIST, B.; DE WIT, C. A.; HUGHES, T.; VAN DER L. S.; RODHE, H.; SÖRLIN, S.; SNYDER, P. K.; COSTANZA, R.; SVEDIN, U.; FALKENMARK, M.; KARLBERG, L.; CORELL, R. W.; FABRY, V. J.; HANSEN, J.; WALKER, B.; LIVERMAN, D.; RICHARDSON,



K.; CRUTZEN, P.; FOLEY, J. Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. **Ecology and Society**, v. 14, n. 2, p. 1-33, 2009.

RODRIGUES, T. E.; GAMA, J. R. N. F.; SILVA, J. M. L. da; VALENTE, M. A.; SANTOS, E. da S.; ROLIM, P. A. M. **Caracterização e classificação dos solos do Município de Plácido de Castro, Estado do Acre**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2003a. 50 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 160).

RODRIGUES, T. E.; GAMA, J. R. N. F.; SILVA, J. M. L. da; VALENTE, M. A.; SANTOS, E. da S.; ROLIM, P. A. M. **Caracterização e classificação de solos no Município de Senador Guimard, Estado do Acre**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2003b. 67 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 166).

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.; PAPENFUS, 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**. Stanford University; University of Minnesota: The Natural Capital Project; The Nature Conservancy and 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).

SKIDMORE, E. L. Soil-loss tolerance. In: AMERICAN SOCIETY OF AGRONOMY. **Determinants of soil-loss tolerance**. Madison, 1982. p. 87-93.

SPAROVEK, G.; WEILL, M. A. M.; RANIERI, S. B. L.; SCHNUG, E.; SILVA, E. F. The time-life concept as a tool for erosion tolerance definition. **Scientia Agricola**, v. 54, p. 130-135, 1997.

THOMAZ, E. L. **Erosão do solo: teorias, métodos e perspectivas**. Curitiba: CRV, 2019.

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).

WEILL, M. A. M. **Estimativa da erosão do solo e avaliação do seu impacto na microbacia do Ceveiro (Piracicaba, SP), através do Índice de Tempo de Vida**. 1999. 100 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

WEILL, M. A. M.; SPAROVEK, G. Estudo da erosão na microbacia do Ceveiro (Piracicaba, SP). II - Interpretação da tolerância de perda de solo utilizando a metodologia do índice de tempo de vida. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 815-824, 2008.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. **Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning**. Washington, DC: USDA-ARS Agriculture Handbook, 1978.