

**Análise Quantitativa - Espacial da perda de solos por erosão laminar e  
comparação com estágio da vegetação dos municípios de Mandaguaçu e  
Presidente Castelo Branco/PR**

**Diogo Yukio Uema**

Doutorando em Geografia; especialista em Geoprocessamento, UEM, Brasil  
 contato.diogoyukio@gmail.com

**Renan Valério Eduvirgem**

Doutorando em Geografia/ UEM, Professor Colaborador na UNICENTRO, Brasil  
 georenanvalerio@gmail.com

**Fernando Luiz de Paula Santil**

Professor Adjunto do curso de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica, UFU, Brasil  
 santilflp@gmail.com

## RESUMO

O monitoramento ambiental é essencial para a sociedade manter o equilíbrio com o meio ambiente, diante deste fato, diversos métodos provenientes da ciência do geoprocessamento e sensoriamento remoto foram criados para auxiliar nessa tarefa. O presente trabalho utilizou a Equação Universal de Perda de Solos para verificar a espacialidade das erosões laminares nos municípios de Mandaguaçu e Presidente Castelo Branco, ambos no Paraná, além de comparar esses resultados com dados do Índice Digital de Vegetação (NDVI) para obter relações entre a perda de solos e o desenvolvimento ou falta de vegetação. Os resultados identificaram diversos focos de erosão laminar na área de estudo, como possível causa, pode-se considerar solos provenientes do Arenito Caiuá, altamente erodíveis, e também fatores topográficos do fator LS da EUPS. Salienta-se que o uso de ferramentas digitais, imagens de satélite e álgebra de mapas são essenciais para estudos de monitoramento ambiental.

**PALAVRAS-CHAVE:** EUPS. NDVI. Perda de Solo.

## 1 INTRODUÇÃO

As geotecnologias são fundamentais para avaliações espaciais, uma vez que permitem aos usuários promoverem reconhecimento de área, quantificação, qualificação de maneira remota, ou mesmo estudos em conjunto entre análises em campo e laboratório.

O Sensoriamento Remoto para Saldanha, Cardias e Werlang (2021, p. 89) é descrito na seguinte ótica: “A Geografia comprehende o sensoriamento remoto como uma tecnologia que permite o desenvolvimento de estudos mais criteriosos e detalhados sobre a superfície terrestre”.

Florenzano (2005, p. 24) comenta que: “as geotecnologias referentes ao Sensoriamento Remoto e aos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) estão cada vez mais interligadas. Suas aplicações nos diferentes campos do conhecimento têm aumentado. A princípio, em Geografia, essas tecnologias têm uma vasta aplicação”. Dambrós (2020), baseada em Gustavo Daniel Buzai, denota que estudos utilizando as geotecnologias seguem ascendentes; a autora afirma ainda que as geotecnologias permitem múltiplas análises e complexas do espaço geográfico.

Por outro lado, o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) consiste em ser um índice de cálculo fácil e resultados robustos, com ampla empregabilidade na silvicultura (FERNANDES; VICENS; FURTADO, 2018; BRITO et al., 2021), em Unidades de Conservação (MELO et al., 2019; EDUVIRGEM; PAROLIN; VILLWOCK, 2020), em Áreas de Preservação Permanente - APP (VENTURA; MIRANDA; SILVA, 2019), na agricultura temporária (CASA et al., 2018), no desmatamento (VIEIRA; CARVALHO, 2017), e bacias hidrográficas (SOUZA et al., 2018; OLIVEIRA; AQUINO, 2020). Esse índice – o NDVI – também está entre os mais utilizados para o monitoramento da vegetação (CORDEIRO et al., 2017; LEITE et al., 2017; ABOUD NETA et al., 2018).

Os valores do NDVI podem oscilar entre -1 e +1, sendo valores negativos corpos d’água e próximos de 0 solo exposto (ALMEIDA et al., 2018); é comum encontrar na literatura que os valores próximos de 1 positivo indicam vegetação arbórea (BARROS; FARIA; MARINHO, 2020) – que está correto e faz todo sentido em áreas com APP, fragmentos florestais, corredores lineares, Unidades de Conservação, entre outros exemplos ambientais (LEITE et al., 2017; FERNANDES; VICENS; FURTADO, 2018; SILVA JUNIOR et al., 2021).

Não obstante, deve-se ter cautela e atentar-se a esses valores, uma vez que em situações específicas, tal como culturas temporárias, pode haver valores superiores a 0,90

(CARNEIRO, 2018; HU et al., 2018), cujos valores também são encontrados em vegetação florestal (DAULAT; PRANOWO; AMRI, 2018; FERNANDES; VICENS; FURTADO, 2018) – como exemplo em remanescentes da Mata Atlântica (COSTA; GUASSELLI, 2017). Em áreas de silvicultura são encontrados valores com variação em torno de 0,67 a 0,95; em pastagens, pode-se também encontrar desde baixos (0,35) a elevados valores (0,7 a 0,8) (FERNANDES; VICENS; FURTADO, 2018).

Desse modo, inferir alvos pelos valores gerados pelo NDVI pode potencializar erros de interpretação. Assim, torna-se necessário o conhecimento sobre o uso da terra, período que está sendo analisado, entre outras variáveis. Estudos em escala municipal e de bacias hidrográficas necessitam de análise cautelosa, uma vez que podem apresentar muitos alvos – no uso e ocupação do solo.

O NDVI, além de ser um índice para monitoramento da vegetação e culturas, é frequentemente utilizado para compor outras equações, tal como a Equação Universal de Perda de Solo (EUPS), para o cálculo do fator C (SILVA et al., 2017; UEMA; GASPARETTO, 2020).

A EUPS compõe o sistema de uso de modelagem matemática constituído por métodos indiretos, com a finalidade de quantificar a erosão laminar (SOARES et al., 2017; SOUZA; GALVANI, 2017).

Os resultados proporcionados pela EUPS são de extrema importância e empregabilidade para o planejamento, incorporando diversos fatores naturais e antrópicos como o uso e ocupação do solo, práticas conservacionistas, topografia, erosividade e erodibilidade, além de, indiretamente, precipitação e classes de solos, a proporção e espacialização de perda de solos em tonelada por ano auxilia na proteção das culturas agrícolas e áreas naturais, possibilitando aos gestores conservar o solo.

Neste estudo, o foco da EUPS está relacionado a perda de solo nos municípios de Presidente Castelo Branco e Mandaguaçu, no noroeste do Paraná, nas áreas de maiores declividades e apresentam solos de textura média e uso de pastagem no solo. A diferenciação da precipitação influenciou nos valores de NDVI que, por sua vez, alterou sutilmente os resultados da EUPS de abril e dezembro, todavia, não expressando significativas mudanças nas localidades com fragmentos florestais, silvicultura e APP's.

## 2 OBJETIVOS

O objetivo do trabalho é de quantificar e espacializar a erosão laminar existente no ano de 2020 nos municípios de Mandaguaçu e Presidente Castelo Branco, ambas no noroeste do Paraná e verificar possível correlação com os estágios de vegetação, em dois cenários distintos: mês chuvoso (dezembro) e mês seco (abril), que pode influenciar no desenvolvimento da vegetação. Para alcançar o objetivo principal do trabalho foram necessários realizar métodos como a Equação Universal de Perda de Solos (EUPS), que auxilia na quantificação e espacialização da perda de solos e o Índice de vegetação normalizada (NDVI) para comparar a cobertura vegetal nos pontos críticos com elevados valores de erosão laminar.

A hipótese da pesquisa se verifica pelo fato de que, se a EUPS aponta a perda de solos por erosão laminar e o NDVI indica as possíveis variações entre as áreas de cobertura vegetal, a combinação de ambas podem auxiliar na análise espacial dessas variações, pois a diferença

entre os fatores nas estações seca e chuvosa evidenciam a relação e dependência da correlação espacial entre perda de solo e cobertura vegetacional.

### 3 METODOLOGIA

A equação universal de perda de solos foi desenvolvida por WISCHMEIER e SMITH (1978) com o propósito de simular e prever a perda de solo exclusivamente por erosão laminar de pequenas fazendas dos Estados Unidos que se valeu de outros estudos, dentre eles: ZINGG (1940), SMITH (1941) e BROWNING, PARISH e GLASS (1947). Além disso, pesquisadores pós-EUPS desenvolveram e utilizaram novos métodos e variações da técnica aprimorando-a em relação ao uso de novos recursos tecnológicos, podem-se citar: UEMA (2018), PETSCH e SANTOS (2015) e SOUZA (2010). Assim, é possível utilizar a EUPS para simular a perda de solos de cidades inteiras, a depender do detalhamento dos dados.

A EUPS pode ser representada pela equação (01):

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P \quad (01)$$

Sendo que: “A” representa a perda de solos por erosão laminar da área por ton. ha. Ano; a variável “R” representa a erosividade da área em estudo; o “K” representa a erodibilidade do tipo de solo; o fator “LS” é o fator topográfico, a junção entre o fator declividade e o comprimento da rampa; o fator “C” é o uso e ocupação do solo e o fator “P” representa as práticas conservacionistas utilizadas para manejo da área.

Para a obtenção dos valores do fator R, foi utilizada a metodologia de RUFINO, BISCAIA e MERTEN (1993), que obtiveram valores de áreas isoerosivas no Paraná, e é usado desde então para cálculos de erosividade no Estado, e os valores de precipitação foram retirados do site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), a equação (02) é representada por:

$$EI = 6,886 (r2P)0,85 \quad (02)$$

Sendo que: o  $Ei$  é a média mensal do índice de Erosividade; o  $r$  = precipitação média mensal em milímetros e o  $P$  é precipitação média anual em milímetros, o valor 6,886 e 0,85 são coeficientes das zonas isoerosivas paranaenses calculadas por RUFINO, BISCAIA e MERTEN (1993).

Para a obtenção do valor K foram utilizados valores já obtidos por outros autores para os tipos de solos existentes na área (FUJIHARA, 2002; PRADO e DE NÓBREGA, 2005; PETSCH e SANTOS, 2015; e BONIFÁCIO, 2019) e o *shapefile* de classes de solos utilizado provém do Instituto de Terras, Cartografia e Geologia do Paraná – ITCG. A Tabela 1 mostra os valores do fator K (erodibilidade).

# Fórum Ambiental da Alta Paulista

ISSN 1980-0827 – Volume 17, número 4, 2021

Tabela 1: Valores do fator K (erodibilidade)

Solo	Valor K
Latossolo Vermelho textura argilosa	0,0285
Latossolo Vermelho textura média	0,0036
Argissolo Vermelho textura arenosa	0,1007
Neossolos Regolítico textura argilosa	0,0178
Nitossolo Vermelho Textura argilosa	0,018
Zona urbana	0,8

Para a obtenção do fator LS, foi utilizado a imagem *Shuttle Radar Topography Mission* - SRTM da NASA (Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço, dos Estados Unidos), que foi adicional ao plugin *Gisus-M* do ArcGIS, no qual o processo da EUPS foi realizado.

Para o fator C, foi utilizado o NDVI (SILVA et al., 2017; UEMA; GASPERETTO, 2020) para as datas de 27/04/2020 e 26/12/2020, com a equação (03) (ROUSE et al., 1974):

$$\text{NIR-RED} / (\text{NIR} + \text{RED}) \quad (3)$$

Sendo que: NIR é a reflectância da banda do infravermelho próximo, e RED é a reflectância da banda do vermelho (visível). Ressalta-se que as imagens passaram por conversão dos valores de números digitais (DN) para radiância espectral e, na sequência, para reflectância; sendo sequenciada pela correção atmosférica pelo método *Dark Object Subtraction* (DOS), disponível no Qgis 3.10 pelo *Semi-Automatic Classification Plugin*. Para a estatística descritiva dos valores de NDVI utilizou-se  $n = 107$  aleatoriamente.

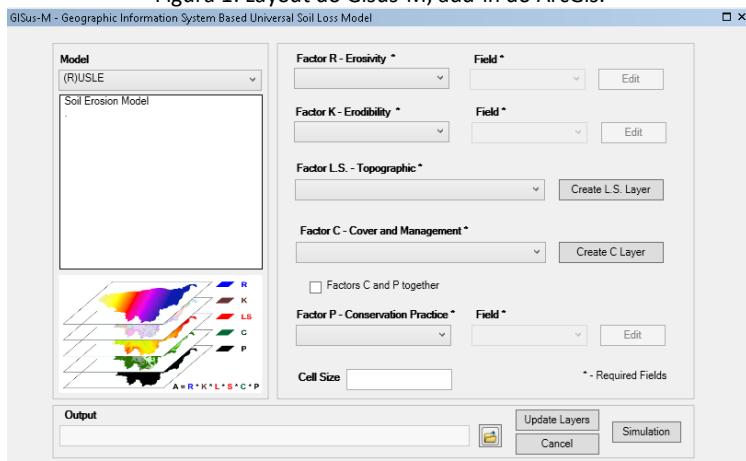
E, finalmente, para o fator P usou-se como base o shapefile do ITCG para uso do solo em 1:250.000, e os valores de bibliografias de FUJIHARA (2002), BERTONI e LOMBARDI NETO (1985) e SOUZA (2010). A Tabela 2 mostra os valores adotados para o fato P.

Tabela 2: Valores do fator P (práticas conservacionistas)

Práticas Conservacionistas	Fator P
Vegetação natural florestal	0,2
Plantio em contorno	0,5
Cordões de Vegetação permanente	0,2
Vegetação natural campestre	0,2
Pastagem	0,5
Lagos	1,0

Para o cálculo da EUPS foi utilizado o SIG ArcGis, e o plugin *GISUS-m*, criado por OLIVEIRA et al., (2015), o layout do *add-in* está representado na Figura (01).

Figura 1: Layout do Gisus-M, add-in do ArcGis.



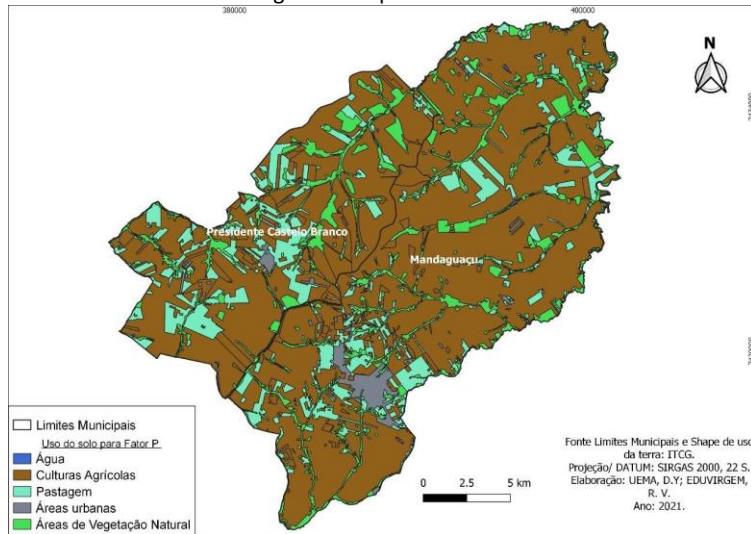
## 4 RESULTADOS

### 4.1 Fatores da EUPS

A obtenção dos resultados da EUPS necessita de cada mapa, ou informação geoespacial, dos fatores R, K, LS, P e C. Para cada mapa vetorial (fatores R, K e P) foi gerado uma tabela de atributos com uma coluna contendo os valores dos fatores para cada tipo de classe existente na imagem.

A Figura 2 (1:25.000) constitui os usos da terra em classes como água, culturas agrícolas, pastagem, áreas urbanas e áreas de vegetação natural, na tabela de atributo da imagem vetorial existem definições que foram relacionadas com a Tabela 2 gerando a base do fator P.

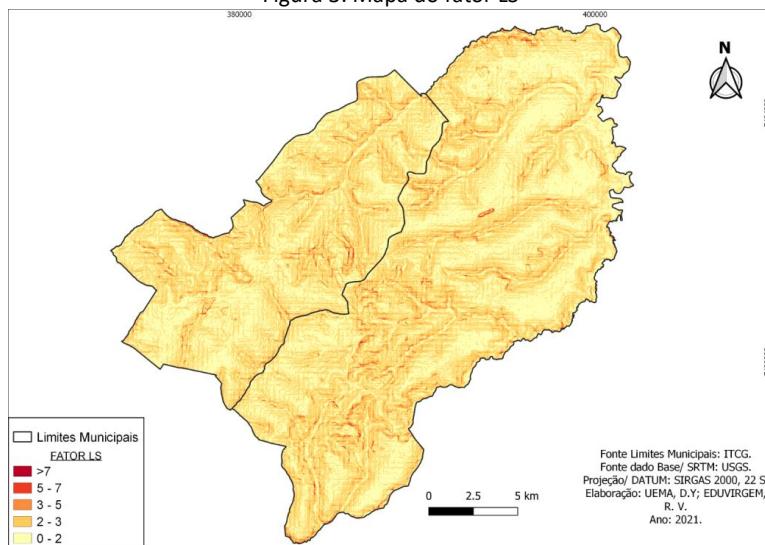
Figura 2: Mapa do Fator P



Para o fator topográfico (LS), gerado a partir da imagem SRTM, representado na Figura 3, foram definidas as classes 0 – 2, 2 – 3, 3 – 5, 5 – 7 e >7 (adimensional). As classes de menor valor LS foram identificadas como as áreas de menor declividade, mais planas e grande parte no

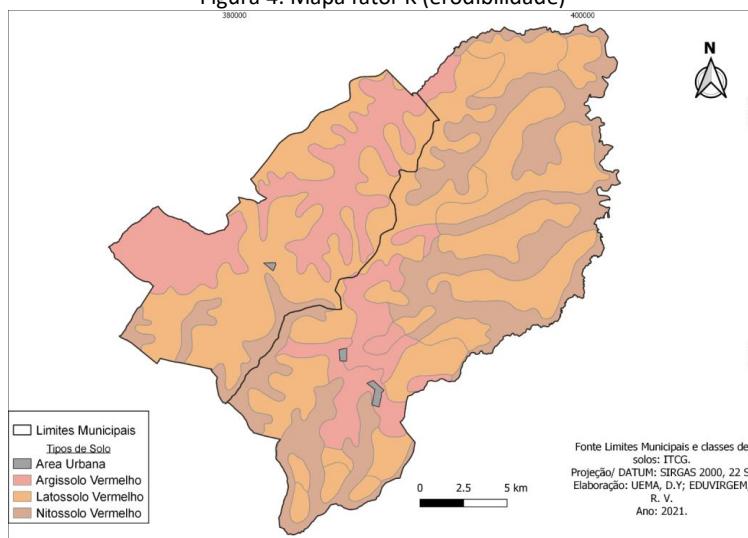
alto das vertentes, já as classes de maior valor LS estão concentradas nas áreas de maior declividade e áreas baixas.

Figura 3: Mapa do fator LS



A Figura 4 é composta das classes de solo existentes nos municípios estudados, conforme arquivo vetorial do ITCG em uma escala de 1:250.000. Os valores atribuídos às classes de solo estão identificados pela Tabela 1.

Figura 4: Mapa fator K (erodibilidade)

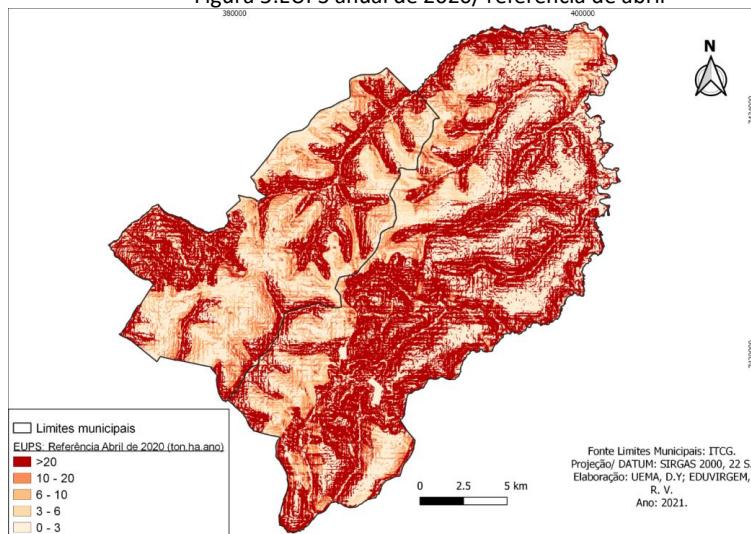


#### 4.2 EUPS anual de 2020 com NDVI de período seco (abril)

Como resultado anual da EUPS para o ano de 2020, utilizando o NDVI de referência de abril (Figura 5), mês mais seco registrado pelo INMET, com 0 mm, obteve-se as classes de 0 – 3, 3 – 6, 6 – 10, 10 – 20 e >20 ton/ha/ano. Grande parte especializada das classes 10-20 e >20 ton/ha/ano de perda de solo se encontram nas áreas de maior declive e maior fator LS, porém

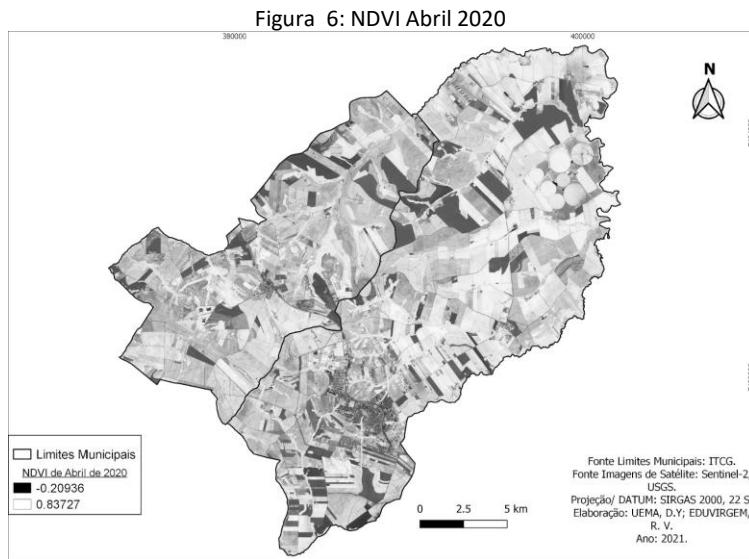
identifica-se maior foco de perda de solo em classes de argissolo vermelho e nitossolo vermelho, se mostrando classes mais erosivas do que o latossolo vermelho. Já as classes 0-3, 3-6 e 6-10 possuem maior representatividade espacial nas áreas planas e altas, percebe-se que o município de Presidente Castelo Branco possui menor porcentagem de classes de maior perda de solo, já o de Mandaguaçu possui grande parte da área com grande perda de solo por ton/ha/ano. Esses fatos podem se vincular pelo fato de a terra ter maior declividade e o município ser muito exposto à pastagem.

Figura 5:EUPS anual de 2020/ referência de abril



Para abril de 2020 (Figura 6), os valores de NDVI apresentaram valor máximo de 0,84, mediana de 0,61 e desvio padrão de 0,21; para dezembro de 2020 (Figura 7) o valor máximo foi 0,05 maior (0,89), bem como a mediana 0,03 (0,64) e o desvio padrão 0,02 (0,23). Desse modo, determinou-se que além dos valores de dezembro serem maiores, os mesmos apresentaram maior variação, com base na medida de dispersão –  $s$  = desvio padrão. O aumento dos valores de NDVI pode ser atribuído à água no sistema, uma vez que abril se trata de um mês seco e dezembro chuvoso para 2020.

Os valores mais elevados de NDVI para abril de 2020 foram determinados para cultura temporária (soja), cana-de-açúcar, fragmentos florestais, cabeceiras de drenagem e silvicultura. Valores  $\geq 0,80$  para esses alvos também foram identificados por Carneiro (2018); Daulat, Pranowo e Amri (2018); Fernandes, Vicens e Furtado (2018); Teramoto et al. (2018).

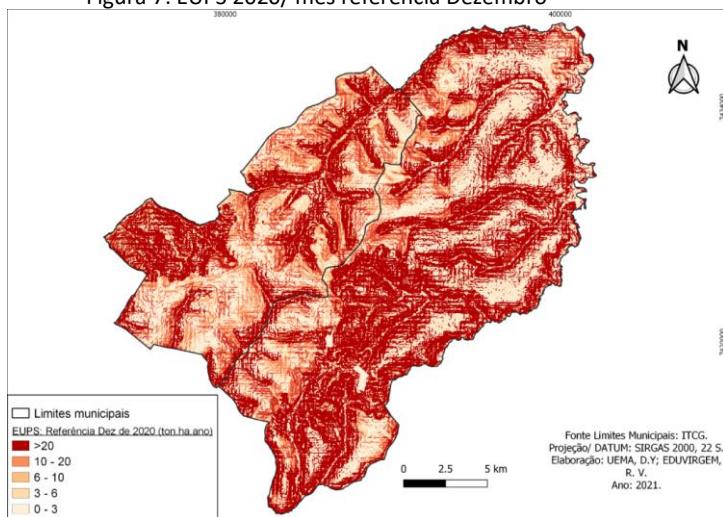


Utilizou-se análise espacial (com composição de bandas coloridas 4,3,2), NDVI e EUPS, e observou-se que as classes 10-20 e >20 são encontradas em culturas permanentes, cana-de-açúcar, fragmentos florestais, cultura temporária, APP rio e pastagem. As demais classes da EUPS (0-3, 3-6 e 6-10) foram determinadas com os usos e ocupação da terra: cana-de-açúcar, pastagem, cultura temporária, fragmentos florestais, planície de inundação e silvicultura.

#### 4.3 EUPS anual de 2020 com NDVI de período chuvoso (dezembro)

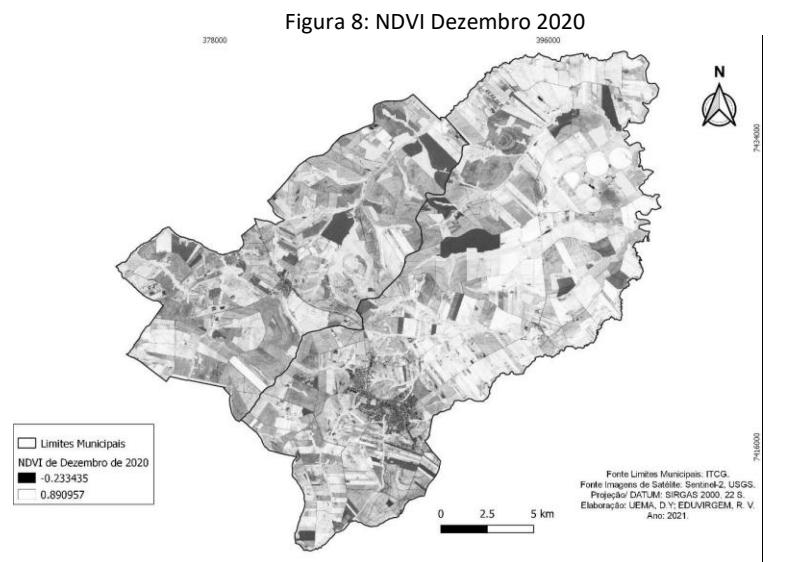
O resultado anual da EUPS de 2020 (figura 7) NDVI de referência de dezembro, o mês mais chuvoso do ano (181,6 mm), também está classificado entre 0 – 3, 3 – 6, 6 – 10, 10 – 20 e >20 ton/ha/ano, para fins de comparação. As diferenças se encontram nas classes medianas 6 – 10 e 10 – 20 ton/ha/ano, e é possível encontrá-las com mais frequência em locais que antes tinham classes baixas 0 – 3 e 3 – 6 ton/ha/ano evidenciando a influência da precipitação e do fator erosividade. A classe >20 ton/ha/ano pouco foi alterada em comparação à EUPS de referência de abril.

Figura 7: EUPS 2020/ mês referência Dezembro



O NDVI de abril (Figura 6) apresentou diferenças em relação ao mês de dezembro (Figura 8), principalmente na agricultura temporária, incluindo a cana-de-açúcar que foi determinado solo exposto (valores positivos de NDVI próximo de 0) – e consiste em uma condição momentânea da paisagem – uma vez que para o próximo plantio o solo necessita de repouso ou a rotação com outra cultura; o solo descoberto potencializa a erosão laminar (CAMPOS, 2018). Esse fato foi observado na área a sudoeste, em que a EUPS prevaleceu com a classe >20 ton/ha/ano.

Na cultura de soja (temporária), as modificações foram perceptíveis principalmente nos setores centro norte e sudeste, havendo talhões com solo descoberto – pelo preparo do solo para plantio, e a variação do NDVI pela fase de desenvolvimento da planta – devido às fases plantio, desenvolvimento, colheita e água no sistema. Por essa conjuntura, as classes da EUPS 6 – 10 e 10- 20 ton/ha/ano aumentaram, assim, ocasionando a diminuição das classes 0 -3 e 3-6 ton/ha/ano. Essa situação – inversamente proporcional – destaca a influência da precipitação na potencialização da erosão laminar. As áreas com silvicultura, fragmentos florestais, APP rio e cabeceira de drenagem continuaram com a prevalência da classe >20 ton/ha/ano. A Figura 7 ilustra a variação da cobertura vegetal para o mês chuvoso.



A cobertura “natural” (vegetação – seja mata nativa ou secundária) consiste em proteção para o solo, assim, diminuindo a intensidade da erosão laminar (SILVA; LUCHIARI, 2016). Não obstante, essas áreas com elevado NDVI predominaram na classe da EUPS >20 ton/ha/ano. Essa combinação tornou-se importante na equação da EUPS. Essa situação ocorreu também em área estudada por Corrêa (2011), e situação contrária, por Moraes (2018).

Uema e Gasparetto (2020) promoveram análise multi-temporal da EUPS – observando as diferenças durante as estações do ano (julho de 2016 a junho de 2017) e os valores anuais com solo coberto e descoberto – determinando elevada perda de solo por erosão laminar em APP fluvial, somente em trechos do baixo curso da BH do córrego Zauna (em dois modelos: primavera e solo descoberto), com valores entre 10-20 a >50 ton/ha/ano; no que consiste aos valores de EUPS em fragmentos florestais, as taxas determinadas foram entre 0 – 3 a 10 – 20 ton/ha/ano no cenário mais catastrófico porque nos demais cenários as áreas com vegetação arbórea apresentaram baixa taxa de perda de solo, sendo predominante a classe 0 – 3 ton/ha/ano, assim, configurando a vegetação como fator importante para mitigação da perda de solos.

Frente aos resultados importantes de Uema e Gasparetto (2020), cabe salientar que a área em estudo possui tamanho inferior ao deste estudo, bem como a não presença de argissolo – que consiste em solo com maior suscetibilidade à erosão laminar; e predominância das culturas soja e milho, não ocorrendo cana-de-açúcar, sendo essa uma cultura que favorece a perda de solo, principalmente no pousio; além de diferenças sutis nos demais fatores empregados na EUPS. Assim, denota-se que cada área em que a EUPS é aplicada podem ocorrer diferenças tanto pelos atributos físicos, quanto pelos pesos atribuídos às variáveis, sendo o resultado primordial para o planejamento das práticas conservacionistas.

## 5 CONCLUSÕES

Pode-se concluir que os métodos da EUPS utilizados sofrem interferência de todos os fatores propostos (R, K, LS, C e P), porém nos trabalhos os fatores K e LS são os que mais influenciaram no resultado final da EUPS.

Os municípios estudados, em comparação a outros estudos no Paraná, sofrem de maior erosão laminar, resultado de os solos serem mais arenosos e médios, sofrendo mais erodibilidade, provenientes do arenito Caiuá.

O fator da alta porcentagem de pastagem e culturas agrícolas na área também influenciaram nos resultados.

O NDVI foi efetivo na diferenciação dos alvos do uso da terra, auxiliando na distinção, sendo necessária avaliação cautelosa e minuciosa dos alvos, uma vez que elevados valores de NDVI podem não ser apenas fragmentos florestais e silvicultura, mas também outros alvos.

No comparativo da EUPS com o NDVI, identificou-se espacialmente que as áreas com fragmentos florestais ocorreram majoritariamente em áreas com elevada perda de solos, razão a qual é explicada por outros fatores da EUPS como exemplo fator LS e (k) solo (argissolo) mais suscetível à erosão, uma vez que argissolos em áreas com alta declividade são favoráveis a abundante perda de solo por erosão laminar. Por tal fato, se expressa a importância da continuidade da preservação desses fragmentos florestais, pois sem a cobertura arbórea o processo de erosão laminar pode ser intensificado. Por fim, denota-se que essa foi uma condição de acordo com os municípios em estudo, que é também identificada em outras áreas do Brasil. No entanto, como abordado, situação contrária é possível e frequente, devido à conjuntura de elementos ambientais naturais e antrópicos.

Os resultados indicam que a hipótese da pesquisa pode ser comprovada, pelo fato das metodologias estudadas apresentarem dados condizentes com a sistemática da erosão laminar, para futuras pesquisas, é possível realizar diversas álgebras de mapas temporais em diferentes bacias hidrográficas para resultar em dados brutos correlacionando ainda mais a erosão laminar e a cobertura vegetacional.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABOUD NETA, S. R.; BIAS, E. S.; BRITES, R. S.; SANTOS, C. A. M. Aplicação de um Modelo de NDVI para Detecção Multitemporal de Mudanças no Uso e Cobertura do Solo. *Anuário do Instituto de Geociências*, v. 41, n. 3, p. 592-604, 2018.

ALMEIDA, D. N. O.; OLIVEIRA, L. M. M.; CANDEIAS, A. L. B.; BEZERRA, U. A.; LEITE, A. C. S. Uso e cobertura do solo utilizando geoprocessamento em municípios do Agreste de Pernambuco. *Revista Brasileira de Meio Ambiente*, v. 4, n. 1, p. 58-68, 2018.

BARROS, A. S.; FARIAS, L. M.; MARINHO, J. L. A. Aplicação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) na Caracterização da Cobertura Vegetativa de Juazeiro Do Norte – CE. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v.13, n. 06, p. 2885-2895, 2020.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. *Livro*, Piracicaba, n. Editora: Livroceres, 1985.

BONIFÁCIO, C. M. **Fragilidade ambiental e qualidade da água na Unidade Hidrográfica do Pirapó, Paranapanema III e IV, Paraná.** 205 f. Tese (Doutorado em Geografia). Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2019.

BRITO, V. V.; RUBILAR, R. A.; COOK, R. L.; CAMPOE, O. C.; CARTER, D. R. Evaluating remote sensing indices as potential productivity and stand quality indicators for *Pinus radiata* plantations. *Scientia Forestalis*, v. 49, n. 129, e3316, 2021.

# Fórum Ambiental da Alta Paulista

ISSN 1980-0827 – Volume 17, número 4, 2021

BROWNING, G. M.; PARISH, L.; GLASS, J. A method for determining the use and limitation of rotation and conservation practices in control of soil erosion in Iowa. *Journal of the American Society of Agronomy*, v. 39, p. 65-73, 1947.

CARNEIRO, F. M. **Sensores de dossel no monitoramento da variabilidade temporal das culturas da soja e do amendoim**. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2018.

CASA, A.; OVANDO, G.; BRESSANINI, L.; MARTÍNEZ, J.; DÍAZ, G.; MIRANDA, C. Soybean crop coverage estimation from NDVI images with different spatial resolution to evaluate yield variability in a plot. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, v. 146, p. 531-547, 2018.

CAMPOS, L. H. F. **Resíduos de herbicidas aplicados em cana-de-açúcar afetando adubos verdes e a cultura de soja em rotação**. 90 f. Tese (Doutorado em Ciências). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2018.

CORDEIRO, A. P. A.; BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C.; MELO, R. W.; SHIMABUKURO, Y. E.; FIOR, C. S. Regiões homogêneas de vegetação utilizando a variabilidade do NDVI. *Ciência Florestal*, v. 27, n. 3, p. 883-896, 2017.

CORRÊA, E. A. **Caracterização da cobertura vegetal na Equação Universal de Perda de Solos (Fator C) por meio de geotecnologias**. 167 f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, 2011.

COSTA, L. C. B.; GUASSELLI, L. A. Comportamento sazonal de remanescentes de fitofisionomias da Mata Atlântica, Bacia do Rio dos Sinos - RS, por meio de NDVI. *Boletim Gáucho de Geografia*, v. 44, n. 1/2, p. 101-118, 2017.

DAMBRÓS, G. Qual o papel das geotecnologias na estruturação de um novo paradigma da Geografia?. *Caderno de Geografia*, v. 30, n. 60, p. 163-171, 2020.

DAULAT, A.; PRANOWO, W. S.; AMRL, S. N. Mangrove forest change in Nusa Penida marine protected area, Bali - Indonesia using Landsat satellite imagery. *International Journal of Remote Sensing and Earth Sciences*, v. 15, n. 2, p. 141-156, 2018.

EDUVIRGEM, R. V.; PAROLIN, M.; VILLWOCK, F. H. Aplicação de índices de vegetação na avaliação espacial da vegetação do Parque Estadual de Vila Velha. *Geoingá: Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia*, v. 12, n. 2, p. 78-96, 2020.

FERNANDES, P. J. F.; VICENS, R. S.; FURTADO, L. F. A. Comparação de algoritmos de filtragem em séries temporais de NDVI/MODIS. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 70, n. 3, p. 867-905, 2018.

FLORENZANO, T. G. Geotecnologias na geografia aplicada: difusão e acesso. *Revista do Departamento de Geografia*, n. 17, p. 24-29, 2005.

FUJIHARA, A. K. **Predição de erosão e capacidade de uso do solo numa microbacia do oeste paulista com suporte de geoprocessamento**. 136 f. Dissertação (Mestrado em Ciências). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

HU, Q.; MA, Y.; XU, B.; SONG, Q.; TANG, H.; WU, W. Estimating Sub-Pixel Soybean Fraction from Time-Series MODIS Data Using an Optimized Geographically Weighted Regression Model. *Remote Sensing*, v. 10, n. 4, 491, 2018.

LEITE, A. P.; SANTOS, G. R.; SANTOS, J. É. O. Análise temporal dos índices de vegetação NDVI e SAVI na estação experimental de Itatinga utilizando imagens Landsat 8. *Revista Brasileira de Energias Renováveis*, v. 6, n. 4, p.606-623, 2017.

OLIVEIRA, J. et al. A GIS-based procedure for automatically calculating soil loss from the Universal Soil Loss Equation: GISus-M. *Transactions of the ASABE*, v. 31, n. 6, p. 907-917, 2015.

# Fórum Ambiental da Alta Paulista

ISSN 1980-0827 – Volume 17, número 4, 2021

PRADO, B. D.; DE NÓBREGA, M. T. Determinação de perdas de solo na bacia hidrográfica. *Determinação de perdas de solo na bacia hidrográfica do córrego a do córrego. Acta Scientiarum. Technology*, v. 27, n. 1, p. 33-42, 2005.

PETSCH, C.; SANTOS, M. Análise comparativa entre métodos de estimativas de perda de solos, o caso do Ribeirão Morangueria – PR. *Boletim de Geografia*, v. 33, n. 1, p. 15-26, 2015.

MELO, B. M. D.; MIRANDA, P. R. S.; GONÇALVES, T. S.; ASSIS, A. L.; CABACINHA, C. D.; MARCATTI, G. E.; CASTRO, R. V. O.; ARAÚJO JÚNIOR, C. A. Análise temporal do NDVI como ferramenta para o planejamento do ecoturismo na APA do Rio Pandeiros, norte de Minas Gerais. *Caderno de Ciências Agrárias*, v. 11, p. 01-08, 2019.

MORAES, A. G. L. **Modelagem Espacial da Erosão em Entressulcos e Taxa de Infiltração Estável**. 68 f. Tese (Doutorado em Agronomia). Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2018.

OLIVEIRA, L. N.; AQUINO, C. M. S. Índice da Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) na Sub-Bacia Hidrográfica do rio Gurguéia, Piauí-Brasil: análise do efeito da expansão agrícola. *Revista Geoaraguaia*, v. 10, n. 2, p.126-143, 2020.

ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. *Proceedings of the Third ERTS Symposium*, v. 1. p. 309-317. 1974.

RUFINO, R. L.; BISCAIA, R. M.; MERTEN, G. H. Determinação do potencial erosivo da chuva do estado do Paraná, através de pluviometria: terceira aproximação. *Revista brasileira de Ciência do Solo*, v. 17, n. 3, p. 439-444, 1993.

SALDANHA, C. S.; CARDIAS, M. E. M.; WERLANG, M. K. Aplicabilidades do sensoriamento remoto no ensino de geografia. In: GROSS, J. A. (ed.) **Geografia por Sensoriamento Remoto**. Canoas: Mérida Publishers, 2021, pp. 88-102.

SILVA, D. C. C.; ALBUQUERQUE FILHO, J. L.; SALES, J. C. A.; LOURENÇO, R. W. Identificação de áreas com perda de solo acima do tolerável usando NDVI para o cálculo do fator C da USLE. *Ra'e Ga*, v. 42, p. 72-85, 2017.

SILVA, L. C. N.; LUCHIARI, A. Estimativa de Perda de Solos por Erosão Laminar na Bacia Hidrográfica do Córrego Baguaçu-SP. *Revista do Departamento de Geografia*, v. 32, p. 15-28, 2016.

SILVA JUNIOR, U. J.; GONÇALVES, R. M.; OLIVEIRA, L. M. M.; SILVA JUNIOR, J. A. Sensibilidade Espectral dos Índices de Vegetação: GNDVI, NDVI e EVI na Mata Ciliar do Reservatório de Serrinha II – PE, Brasil. *Revista Brasileira de Cartografia*, v. 73, n. 1, p. 17-35, 2021.

SMITH, D. Interpretation of soil conservation data for field use. *Agricultural Engineering*, v. 22, p. 173-175, 1941.

SOARES, L. S.; CASTRO, A. C. L.; LOPES, W. G. R.; SILVA, E. V. ARAÚJO, G. C. M.; FRANÇA, V. L.; SANTOS, P. V. C. J. Erosive Potential in Sub-basins of the Lower Itapecuru River in the State of Maranhão, Northeastern Brazil. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 10, n. 04, p. 1027-1045, 2017.

SOUZA, J. C.; LOPES, E. R. N.; SOUSA, J. A. P.; MARTINS, A. C. G.; LOURENÇO, R. W. Method for evaluating plant cover and quantification using pixel to pixel correlation indices. *Journal of Urban and Environmental Engineering*, v. 12, n. 2, p. 245-256, 2018.

SOUZA, V. **Estimativa de perda de solo por erosão laminar na bacia do córrego Píñhalzinho II com suporte de geoprocessamento**. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2010.

SOUZA, V.; GALVANI, E. Determinação do potencial natural à erosão laminar na bacia do rio Jacaré Guaçú (SP). *Ra'e Ga*, v. 39, p. 8-23, 2017.

# Fórum Ambiental da Alta Paulista

ISSN 1980-0827 – Volume 17, número 4, 2021

TERAMOTO, E. H.; BENJUMEA, M. T.; GONÇALVES, R. D.; KIANG, C. H. Séries temporais do índice NDVI na avaliação do comportamento sazonal do Aquífero Rio Claro. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 70, n. 3, p. 1135-1157, 2018.

UEMA, D. **Quantificação de perda de solos em bacia hidrográfica de primeira ordem: o caso da bacia hidrográfica do córrego Zaúna.** 104 f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2018.

UEMA, D. Y.; GASPARETTO, N. V. L. Análise quantitativa de perdas de solo da bacia hidrográfica de primeira ordem do córrego Zaúna - Maringá (PR). **Boletim de Geografia**, v. 38, n. 2, p. 49-63, 2020.

VENTURA, S. J.; MIRANDA, L. C.; SILVA, E. V. Índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) no médio curso do Rio Ceará. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v.10, n.1, p.252-261, 2019.

VIEIRA, B. F.; CARVALHO, H. D. S. Avaliação do desmatamento na Estação Ecológica Raso da Catarina. **Anais dos Seminários de Iniciação Científica**, v. 21, p. 1-4, 2017.

WISCHMEIER, W.; SMITH, D. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. **Department of Agriculture, Science and Education Administration.**, v. 537, p. 58, 1978.

ZINGG, A. W. Degree and lenght of land slope as it affects soil loss and runoff. **Agricultural Engineering**, v. 21, n. 2, p. 59-64, 1940.