

**UNIVERSIDADE ESTADUAL  
DO CEARÁ - UECE**

Av. Dr. Silas Munguba, 1700 -  
Campus do Itaperi, Fortaleza/CE

**SUSCETIBILIDADE À EROSÃO  
LINEAR NO MUNICÍPIO DE  
ÁLVARES MACHADO – SÃO  
PAULO**

**Gleice Santana Pereira e  
Isabel Cristina Moroz Caccia  
Gouveia**

Citação: PEREIRA, G. S.;  
MOROZ-CACCIA GOUVEIA, I. C.  
SUSCETIBILIDADE À EROSÃO  
LINEAR NO MUNICÍPIO DE  
ÁLVARES MACHADO – SP.  
**Revista GeoUECE (Online)**, vol.  
08, n. 15, p. 111-123, jul./dez. de  
2019. ISSN 2317-028X.



## SUSCETIBILIDADE À EROÇÃO LINEAR NO MUNICÍPIO DE ÁLVARES MACHADO – SÃO PAULO

## SUSCEPTIBILITY TO LINEAR EROSION IN MUNICIPALITY OF ÁLVARES MACHADO – SÃO PAULO

## SUSCEPTIBILIDAD DE LA EROSIÓN LINEAL EN MUNICIPIO DE ÁLVARES MACHADO – SÃO PAULO

Gleice Santana PEREIRA <sup>1</sup>

Isabel Cristina MOROZ-CACCIA GOUVEIA <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Mestranda / Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente – SP, Universidade Estadual Paulista (UNESP), gleicesantanapereira@yahoo.com.br.

<sup>2</sup> Docente do Departamento de Geografia / Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente – SP, Universidade Estadual Paulista (UNESP), icmoroz@gmail.com.

### RESUMO

O presente artigo apresenta uma análise acerca da susceptibilidade à erosão linear, no município de Álvares Machado - São Paulo, através da aplicação da metodologia de Fragilidade Ambiental baseada nos pressupostos estabelecidos por Ross (1990, 1994, 1995 e 1996). Para avaliar o grau de precisão da metodologia, aplicou-se o coeficiente de determinação linear ( $r^2$ ) entre os níveis de fragilidade ambiental determinados e a ocorrência de processos erosivos lineares identificados pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT (2012). Os resultados apontaram que as maiores densidades de focos erosivos ocorrem, sobretudo, nas áreas com níveis de Fragilidade Ambiental Forte e Médio. A análise individual das variáveis indicou que os processos erosivos lineares são mais frequentes nas vertentes côncavas, em solos do tipo Argissolos e em áreas com a presença de pastagens e culturas temporárias.

**Palavras-chave:** Fragilidade ambiental. Erosão pluvial. Álvares Machado-SP.

### ABSTRACT

This paper presents an analysis of the susceptibility to linear erosion in the municipality of Álvares Machado - São Paulo, by applying the Environmental Fragility methodology based on the assumptions established by Ross (1990, 1994, 1995 and 1996). To assess the degree of precision of the methodology, the linear determination coefficient ( $r^2$ ) was applied between the determined environmental fragility levels and the occurrence of linear erosive processes identified by the *Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT* (2012). The results showed that the highest densities of erosive outbreaks occur mainly in areas with strong and medium environmental fragility levels. The individual analysis of the variables indicated that the linear erosive processes are more frequent in the concave slopes, in argisol soil and in areas with the presence of pastures and temporary crops.



**Key-words:** Environmental fragility. Rainfall erosion. Álvares Machado-SP.

## RESUMEN

Este artículo presenta un análisis acerca de la susceptibilidad a la erosión linear, en el municipio de Álvares Machado – estado de São Paulo, través de la aplicación de la metodología de Fragilidad Ambiental basada en los supuestos teóricos establecidos por Ross (1990, 1994, 1995 e 1996). Para evaluar el grado de precisión de la metodología, fue aplicado el coeficiente de determinación lineal ( $r^2$ ) entre los niveles de fragilidad ambiental determinados y la sucesión de procesos erosivos lineares identificados por el *Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT* (2012). Los resultados indicaran que las mayores densidades de focos erosivos ocurrieron, principalmente, en las áreas con niveles de Fragilidad Ambiental Fuerte y Media. El análisis individual de las variables indicó que los procesos erosivos son más frecuentes en las vertientes cóncavas, en suelos del tipo Ultisols y en áreas con presencia de pastoreo y cultivos temporarios.

**Palabras-clave:** Fragilidad ambiental. Erosión por lluvia. Álvares Machado-SP.

## 1. INTRODUÇÃO

A erosão enquanto processo natural é geralmente lenta e medida pelo tempo geológico, entretanto a ação humana comumente transforma esse processo, acelerando a sua velocidade e aumentando a sua intensidade (SOUZA, 2000). Dentre os prejuízos causados pela erosão, provavelmente o mais maléfico seja a própria perda de solo, uma vez que a natureza leva cerca de 100 anos para formar uma camada de solo de 1 cm de espessura (BENNETT, 1955), a qual, muitas vezes, poderá ser perdida com uma única chuva.

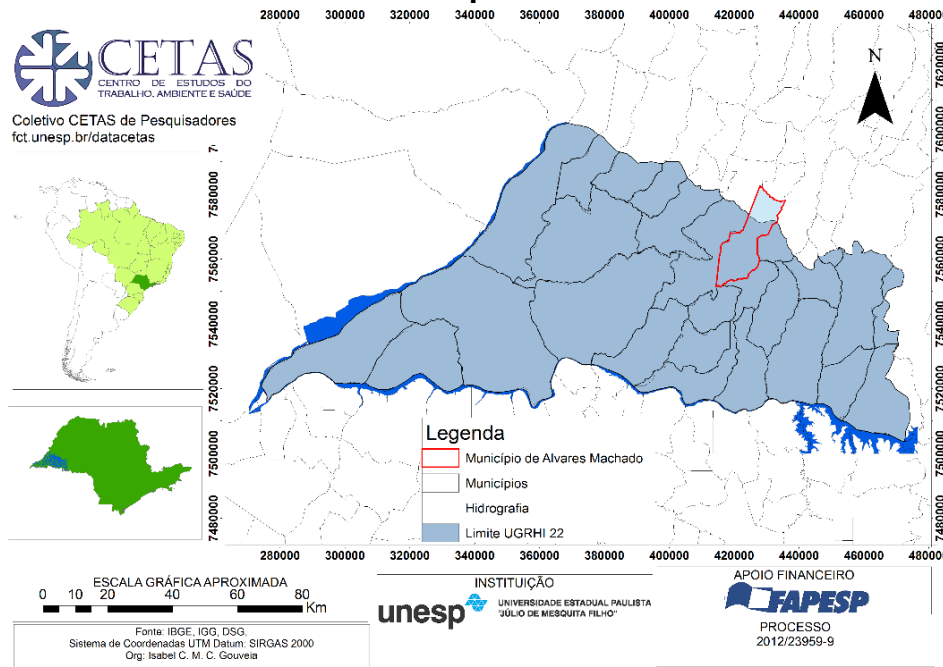
Este trabalho segue no intuito de utilizar os avanços da geotecnologia para avaliar as composições da paisagem e entender onde estão as áreas mais frágeis e conseqüentemente quais são as variáveis atuantes sobre elas. É importante advertir que as geotecnologias excedem a simples produção de mapas, obtendo assim o status de meio para o estudo do ambiente e da sociedade, e desse modo estimula a elaboração e prática de políticas públicas.

Álvares Machado, mesmo tendo uma pequena extensão territorial, apresenta inúmeros processos erosivos, principalmente relacionados às áreas rurais, o que reflete no assoreamento de seus cursos fluviais. Dentro desse contexto, pretende-se investigar os fatores do meio físico e antrópico que promovem esse quadro. O recorte espacial escolhido para a pesquisa



corresponde à parte do município de Álvares Machado – SP (Figura 1), pertencente à UGRHI 22, consequentemente todos os dados quantitativos presentes nesta pesquisa referem-se aos fenômenos restritos a essa área.

**Figura 1 - Localização da área de estudo na UGRHI 22 – Pontal do Paranapanema**



Fonte: CETAS

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO

Para analisar a ocorrência dos processos de erosão linear foi aplicada a metodologia de Fragilidade Ambiental, baseada nos pressupostos estabelecidos por Ross (1990, 1994, 1995 e 1996).

Ross (1990) afirma que o planejamento não pode ser formulado a partir de uma leitura estática do ambiente, mas deve estar inserido no entendimento do processo de ocupação que norteia o desenvolvimento e a apropriação do território e de seus recursos. Desse modo, a necessidade de se executar o mapeamento da fragilidade ambiental em bacias hidrográficas vem ao encontro dos princípios de conservação dos recursos naturais e desenvolvimento sustentável. É necessário ressaltar, que em função da escala, optamos por trabalhar com as formas de vertentes a partir dos mapas de curvatura e declividade.



Para a elaboração do Mapa de Fragilidade Ambiental foram utilizados como produtos cartográficos temáticos os seguintes mapas:

- Para a variável relevo: Mapa clinográfico e Mapa de curvatura do terreno, elaborados no ArcGIS10.3, da ESRI, a partir dos dados de provenientes do radar SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) disponibilizados pelo INPE;
- Para a variável solo: Mapa pedológico adaptado de Carvalho (1997); e,
- Para a variável uso da terra/vegetação: Mapa de Uso e Cobertura da Terra, elaborado por Trombeta (2015).

Em cada um dos mapas temáticos intermediários, foram atribuídos níveis de fragilidade, conforme as tabelas 1, 2, 3 e 4.

**Tabela 1 – Níveis de fragilidade para as classes de declividade**

<b>Classes de declividades</b>	<b>Fragilidade</b>
Até 6%	1 – Muito fraca
De 6 a 12%	2 – Fraca
De 12 a 30%	3 – Média
De 20 a 30%	4 – Forte
Acima de 30%	5 – Muito forte

Fonte: Ross (1994)

**Tabela 2 – Níveis de fragilidade para as classes de curvatura do terreno**

<b>Classes de curvaturas</b>	<b>Fragilidade</b>
Retilínea	3 – Média
Convexa	4 – Forte
Côncava	5 – Muito Forte

Fonte: Ferreira et al (2018)

**Tabela 3 – Níveis de fragilidade para as classes de uso e cobertura da terra**

<b>Classe de uso e cobertura da terra</b>	<b>Fragilidade</b>
Florestal	1 – Muito Fraca
Campestre	2 – Fraca
Silvicultura	2 – Fraca
Pastagem	3 – Média
Cultura temporária	3 – Média
Cultura permanente	3 – Média
Área Urbanizada	4 – Forte

Fonte: Ross (1994)



**Tabela 4 – Níveis de fragilidade para as subordens de solos**

Tipos de solos	Fragilidade
Argissolo Vermelho Amarelo	4 – Forte
Argissolo Vermelho	4 – Forte
Neossolo Litólico	5 – Muito Forte
Gleissolos e Neossolos Flúvicos	5 - Muito Forte face aos processos de inundação

Fonte: Adaptado de Ross (1994)

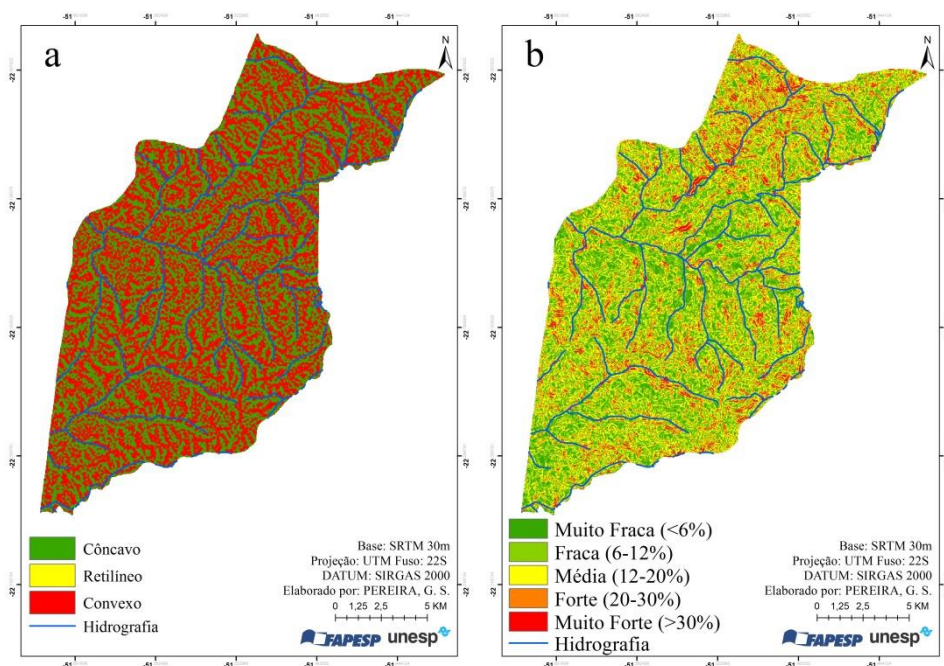
Inicialmente, efetuou-se a correlação entre o Mapa Clinográfico e o Mapa de Curvatura do Terreno, através da ferramenta *Weighted overlay*, gerando o Mapa de Fragilidade do Relevo.

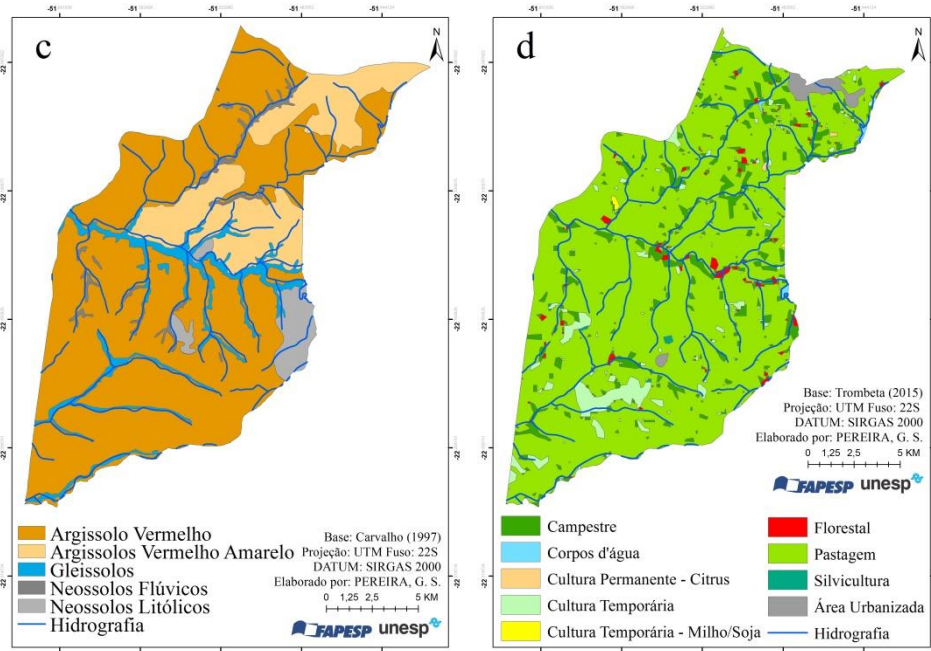
Em seguida, foi feita a correlação do Mapa de Fragilidade do Relevo com o Mapa Pedológico, obtendo então o Mapa de Fragilidade Potencial aos processos erosivos lineares. Ao correlacionar este último com o Mapa de Uso e Cobertura da Terra, foi produzido o Mapa de Fragilidade Ambiental que corresponde, portanto, aos níveis de Fragilidade Emergente.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 2 apresenta os mapas temáticos intermediários utilizados para as correlações.

**Figura 2 – (a) Mapa de Curvatura (b) Mapa Clinográfico (c) Mapa Pedológico (d) Mapa de uso e cobertura do solo**

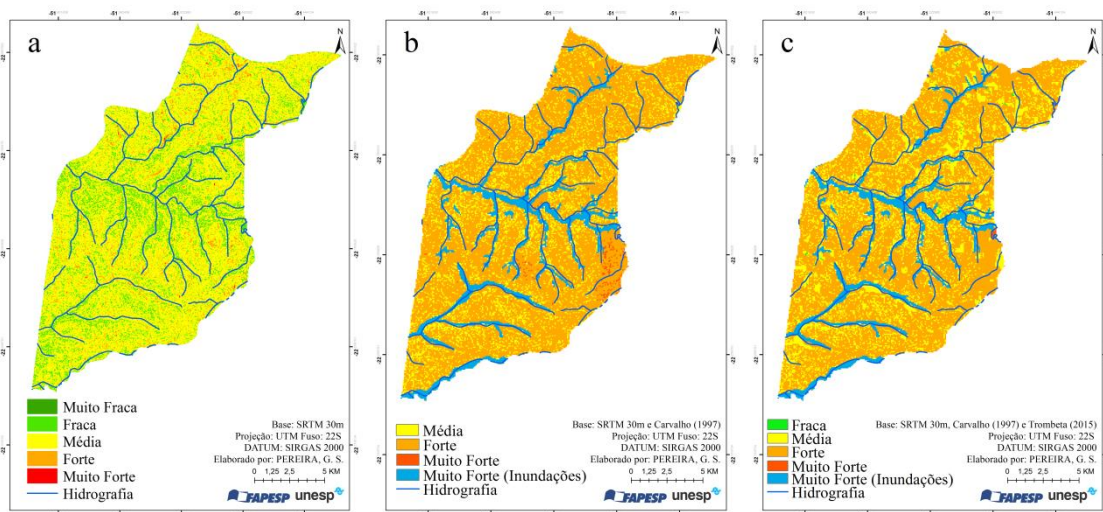




Fonte: Pereira (2018)

A partir dos produtos intermediários, foram elaborados os mapas de fragilidade do município de Álvares Machado com o objetivo demonstrar a suscetibilidade aos processos erosivos pluviais do tipo linear (Figura 3).

Figura 3 – (a) Mapa de Fragilidade do Relevo (b) Mapa de Fragilidade Potencial (c) Mapa de Fragilidade Emergente



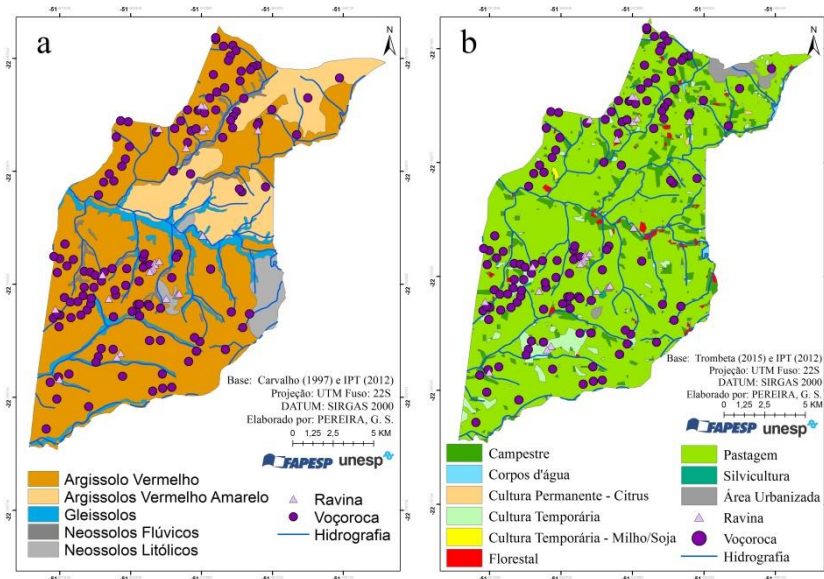
Fonte: Pereira (2018)

Para um melhor entendimento sobre a ocorrência de focos de erosão linear na área de estudo, foi realizada a análise individual de cada variável



considerada na determinação da fragilidade ambiental para identificar qual o grau de importância de cada uma delas. Assim, a Figura 4 apresenta a correlação entre os focos erosivos e os tipos de solos e entre os focos erosivos e tipos de uso e ocupação.

**Figura 4 – (a) Correlação entre os focos erosivos e os tipos de solos (b) Correlação entre os focos erosivos e os tipos de uso e ocupação**



Fonte: Pereira (2018)

A partir dessa correlação foi possível identificar qual o tipo de solo onde as erosões são mais recorrentes na área de estudo. Observa-se na Tabela 5 que a maior frequência de erosões lineares ocorre no Argissolo Vermelho.

**Tabela 5 - Densidade de erosões por tipo de solo**

Solo	Área (Km <sup>2</sup> )	Quantidade de erosões	Densidade de Erosões
Neossolos Flúvicos	5,22	03	0.57
Neossolos Litólicos	9,71	03	0.30
Gleissolos	19,03	03	0.15
Argissolo Vermelho Amarelo	44,64	10	0.22
Argissolo Vermelho	177,78	134	0.75





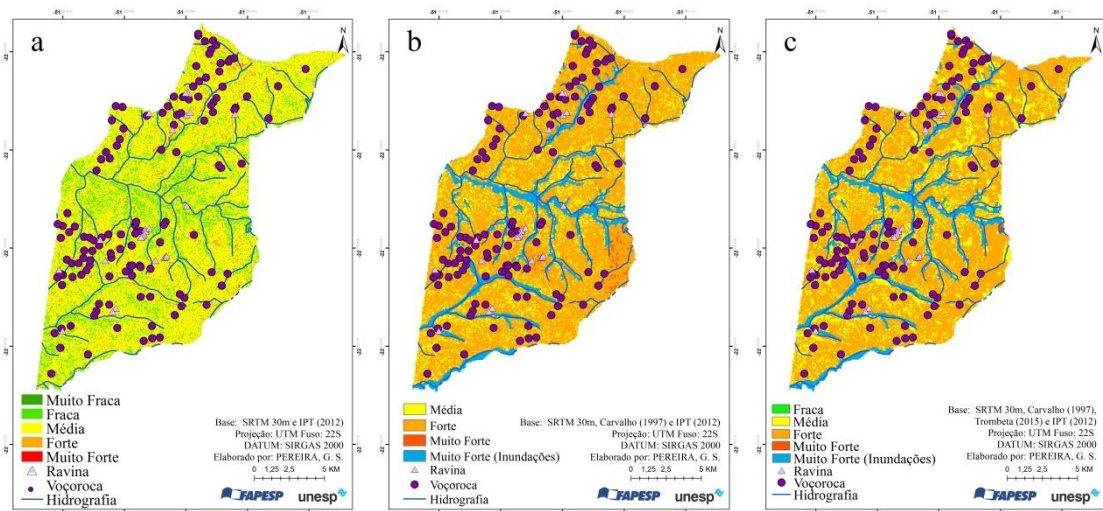
A partir das informações de uso do solo, foi realizada a correlação com a localização das erosões disponibilizadas IPT (2012), sendo possível identificar qual o tipo de uso onde as erosões são mais recorrentes. Conforme se observa na tabela 6, os focos erosivos são mais frequentes nas áreas ocupadas por culturas temporárias e pastagens.

**Tabela 6 - Densidade de erosões por tipo de uso e cobertura da terra**

Uso	Área (Km <sup>2</sup> )	Quantidade de erosões	Densidade de Erosões
Área Urbanizada	3.28	0	0
Campestre	20.27	9	0.44
Pastagem	211.61	133	0.62
Cultura temporária	10.68	10	0.93
Cultura permanente	0.18	0	0
Florestal	2.75	1	0.36
Silvicultura	0.49	0	0
Corpos d'água	0.56	0	0

As correlações também foram efetuadas com os mapas de fragilidade do relevo, fragilidade potencial e fragilidade ambiental (emergente), conforme Figura 5.

**Figura 5 - (a) Correlação entre os focos erosivos e a fragilidade do relevo (b) Correlação entre os focos erosivos e a fragilidade potencial (c) Correlação entre os focos erosivos e a fragilidade ambiental**



Fonte: Pereira (2018)



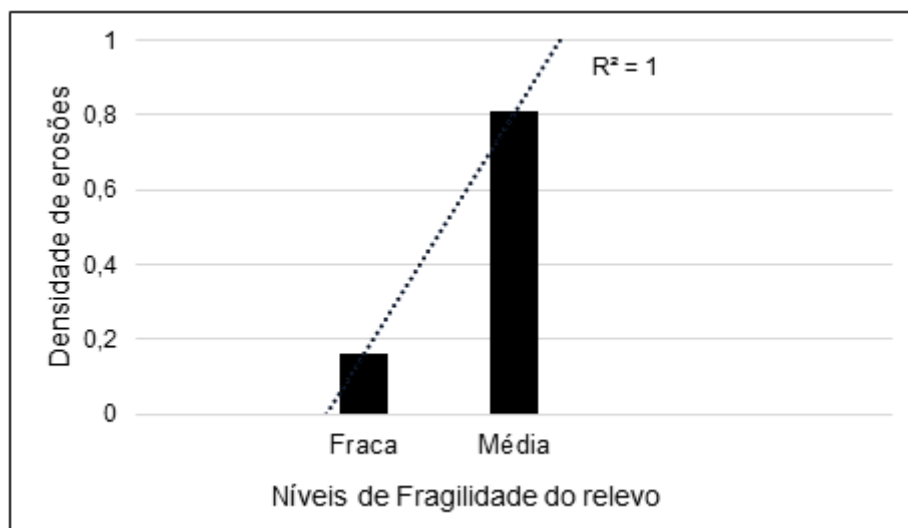
Na Tabela 7 é possível observar que os focos de erosão são mais frequentes nas áreas de Fragilidade Média do relevo.

**Tabela 7 - Densidade de erosões por níveis de fragilidade do relevo**

Fragilidade do relevo	Área (Km <sup>2</sup> )	Quantidade de erosões	Densidade de Erosões
Muito Fraca	0,0009	1	1111.1
Fraca	55,93	9	0.16
Média	176,48	143	0.81
Forte	23,80	0	0
Muito Forte	0,44	0	0

A relação entre ocorrência de foco erosivo em áreas de fragilidade Muito Fraca pode ser excluída da análise, em função de sua inexpressividade espacial (1% da área total) e pelo fato de ter sido constatado apenas um foco erosivo. Feita essa ressalva, observa-se na Figura 6, uma forte correlação ( $R^2=1$ ) entre a incidência de erosões e os níveis de fragilidade do relevo.

**Figura 6 - Correlação entre densidade de erosão e níveis de fragilidade do relevo**

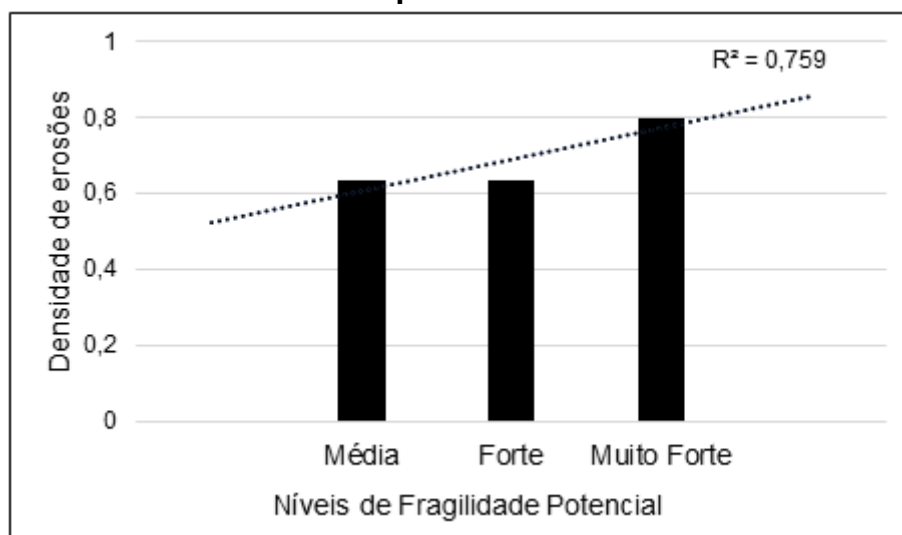


Na Tabela 8 é possível observar que os focos erosivos ocorrem com maior frequência nas áreas com níveis de Fragilidade Potencial Forte e Média.

**Tabela 8 - Densidade de erosões por níveis de fragilidade potencial**

Níveis de Fragilidade Potencial	Área (Km <sup>2</sup> )	Quantidade de erosões	Densidade de Erosões
Média	36.34	23	0.63
Forte	188.98	120	0.63
Muito Forte	1.25	1	0.8
Muito Forte (Inundações)	4.67	9	0.364816

Para efeito de análise, foi desconsiderado a ocorrência de erosões em áreas de planície de inundação (Fragilidade Muito Forte a Inundações). Observa-se na Figura 7, uma satisfatória correlação ( $R^2=0.75$ ) entre a incidência de erosões e os níveis de fragilidade potencial.

**Figura 7 - Correlação entre densidades de erosão e níveis de fragilidade potencial**

Na Tabela 9 é possível observar que os focos erosivos ocorrem com maior frequência nas áreas com níveis de fragilidade ambiental Forte e Média. Novamente, desconsiderou-se as erosões em áreas de Fragilidade Muito Forte (Inundações) por se tratar de áreas de planícies de inundação.

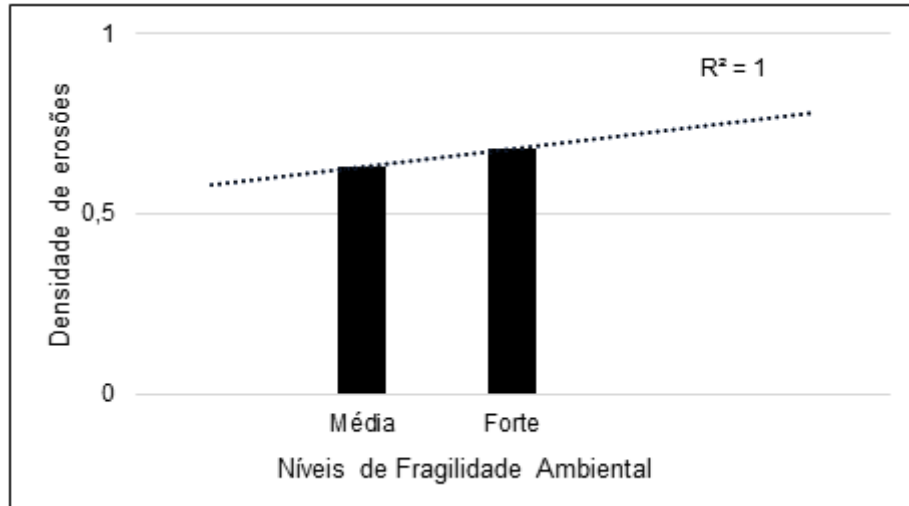
**Tabela 9 - Densidade de erosões por classe de fragilidade ambiental**

Níveis de Fragilidade Potencial	Área (Km <sup>2</sup> )	Quantidade de erosões	Densidade de erosões
Média	49.9353	34	0.63
Forte	172.698	110	0.68
Muito Forte (Inundações)	24.5118	9	0.36



É possível verificar na Figura 8, uma forte correlação ( $R^2=1$ ) entre a incidência de erosões e os níveis de fragilidade ambiental.

**Figura 8 – Correlação entre a densidade de erosões e níveis de fragilidade ambiental**



Todas as correlações efetuadas ajudaram a entender melhor a ocorrência de erosões lineares na área de estudos, pois apontam uma maior frequência em áreas de vertentes côncava e plano-côncavas, com a presença de Argissolos Vermelhos e ocupadas por culturas temporárias e pastagens. As correlações apontaram ainda coerência entre a frequência de erosões e os níveis de fragilidade atribuídos nos mapas de fragilidade do relevo, fragilidade potencial e fragilidade ambiental.

#### 4. CONCLUSÃO

Na área de estudo ocorrem, principalmente, níveis de Fragilidade Potencial Forte (72 % da área) e secundariamente níveis de Fragilidade Potencial Média (17 %), o que indica que naturalmente a área apresenta suscetibilidade aos processos erosivos lineares em função de suas características de relevo e, sobretudo, em função dos tipos solos presentes.

Considerando os tipos de uso e ocupação da terra (Fragilidade Emergente), os níveis de Fragilidade Forte apresentam ligeira diminuição em área, passando a ocupar 67% da área total enquanto que as áreas de Fragilidade Média aumentam para 23%. Isso sugere que algumas formas de uso, como a cobertura vegetal, podem exercer um fator de proteção aos solos.



A metodologia de Fragilidade Ambiental constitui em uma importante ferramenta para o diagnóstico ambiental e consequentemente como subsídio à tomada de decisões relacionadas ao uso e manejo adequado dos solos e à preservação dos recursos hídricos uma vez que permite a identificação de áreas suscetíveis aos processos erosivos lineares.

## 5. AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo apoio financeiro concedido nos anos de 2017 e 2018 (processo 2016/21023-7).

## 6. REFERÊNCIAS

BENNETT, H. H. **Elements of soil conservation**. Tokyo: Kogakussha, 1955.

CARVALHO, W. A. **Levantamento semi detalhado dos solos da bacia do Rio Santo Anastácio – SP**. Presidente Prudente, SP: FCT-UNESP, Boletim Científico, n.2, 1997.

FERREIRA, N. H. et al. O uso do mapa de fragilidade ambiental como ferramenta de auxílio ao adequado ordenamento territorial em bacias hidrográficas. In: Américo-Pinheiro, J. H. P.; Benini, S. M.; FOLONI, F. M. (orgs). **Análise ambiental: abordagem interdisciplinar aplicada aos recursos hídricos**. Tupã/SP, ANAP, 2018.

PEREIRA, G. S. **Análise dos processos erosivos pluviais no município de Álvares Machado – SP**. Monografia. Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Tecnologia, Presidente Prudente. 2018.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia, Ambiente e Planejamento**. Editora Contexto, São Paulo. 1990.

\_\_\_\_\_. **Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados**. Revista do Departamento de Geografia nº.8. FFLCH-USP: São Paulo. 1994.

\_\_\_\_\_. **Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados**. Revista do Departamento de Geografia nº.8. FFLCH-USP: São Paulo. ROSS, J. E.; Total quality management. Florida: 2 Ed., St. Lucie Press, 1995.

\_\_\_\_\_. Os Fundamentos da Geografia da Natureza. In: ROSS, J. L. S. (org.) **Geografia do Brasil**. Edusp, São Paulo, p. 13-66, 1996.

TROMBETA, L. R. **Planejamento ambiental da bacia hidrográfica do córrego Guaíçarinha, município de Álvares Machado, São Paulo**. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Tecnologia, Presidente Prudente, 2015.



SOUZA, M. L. de. **Estudos geológicos-geotécnicos de feições erosivas voltados a tomada de procedimentos de decisões quanto a medidas corretivas, mitigadoras e preventivas**: aplicação no município de Umuarama (PR). Dissertação de Doutorado – Instituto de Geociências e Ciências Exatas – Universidade Estadual Paulista, Rio claro, São Paulo. 2000.