



ESTUDO DE CASO DE METODOLOGIA DE HIERARQUIZAÇÃO DE SUB-BACIAS QUANTO À CAPACIDADE DE PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITAÚNAS

Filipe Antonio Marques Falcetta¹ ; Zeno Hellmeister Junior² ; Talita Aparecida Pletsch³

ABSTRACT – The watershed of the Itaúnas river, covering an area of approximately 4,500 km², comprising 8 municipalities and an estimated population of 250,000 inhabitants, faces serious problems caused by poor management of its water resources for instance silting and reducing of agricultural area due to linear erosions. This paper presents a case study applying a methodology developed by IPT more than two decades ago and improved by Falcetta et. al (2017) with the use of a hydrological parameter (stream density) aiming to achieve greater differentiation regarding to hydric erosion sediment production and, thus, providing an assessment tool to basins committee in order to prioritize control and recovery actions in linear erosions. By combining the results presented in this paper with detailed field data analysis such as granulometric analysis of soil and recent land use data, it would be possible to use the developments of this paper as an instrument of water resources management, ensuring better targeting of water use revenues.

Palavras-Chave – Erosão Rural; Produção de Sedimentos; Gestão de bacias hidrográficas.

¹) Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT, Av. Prof. Almeida Prado, 532, Cidade Universitária – Butantã – São Paulo - SP, falcetta@ipt.br, (11) 3767-4096

²) Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT, Av. Prof. Almeida Prado, 532, Cidade Universitária – Butantã – São Paulo - SP, zenohell@ipt.br, (11) 3767-4643

³) Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (IFES) – Campus Montanha, Rodovia ES-130, km 01, Palhinha – Montanha - ES, talita.pletsch@ifes.edu.br, (27) 3754-3950



1 - INTRODUÇÃO

A bacia do rio Itaúnas (Figura 1) compreende uma área aproximada de 4.500 km² do norte do estado do Espírito Santo, limitando-se ao norte e a oeste com a bacia do rio Mucuri, ao sul com a bacia do rio São Mateus, desaguando a leste no Oceano Atlântico, contemplando 8 municípios que totalizam cerca de 250.000 habitantes. Ainda, de acordo com IEMA (2011), a bacia está inserida em região com características típicas do semiárido, de baixa densidade de drenagem e sujeita a ocorrência de eventos críticos de seca.

Entre as décadas de 1940 e 1970, a grande exploração madeireira ocorrida no norte do Espírito Santo levou ao desenvolvimento dos municípios na bacia e o rio Itaúnas, conforme Ferreira (2002), passou a ser importante meio de escoamento da produção. Com o declínio da atividade, ocorreu o impulsionamento das atividades de pecuária e monocultura de eucalipto, acarretando no assoreamento dos rios da região. Segundo a AGERH (2017), as principais atividades econômicas da bacia são a pecuária, a agricultura e a silvicultura.

Conforme IPES/Incaper/IEMA/UFES (2003), a baixa disponibilidade hídrica agravada pelo assoreamento dos leitos dos rios, associada à redução da produtividade agrícola pela perda de camadas agricultáveis do solo por erosões são os principais problemas enfrentados pela bacia.

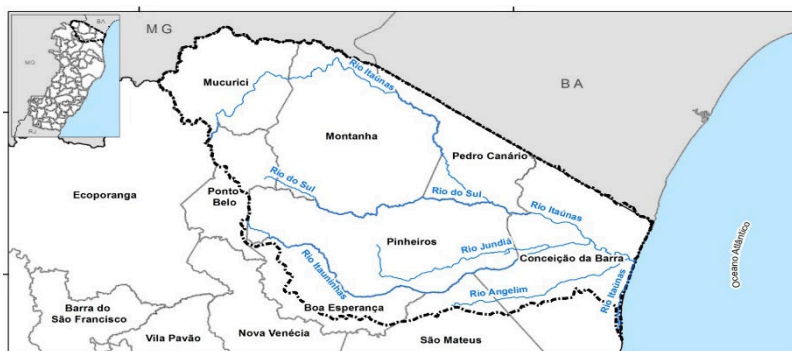


Figura 1 – Bacia do rio Itaúnas – Localização (fonte: AGERH, 2017)

A erosão pluvial é importante fenômeno que age na conformação da superfície terrestre, podendo ser acelerada pela ação antrópica, quando provoca erosões laminares ou erosões lineares. As primeiras provocam desagregação e transporte do solo sem a formação de caminhos preferenciais para o escoamento da água, já as últimas, há a formação de caminhos preferenciais concentradores do escoamento superficial.

O Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT) estuda o fenômeno das erosões lineares antrópicas desde a década de 1970. Prandini (1974) destaca o papel preponderante da atividade agropecuária neste processo.

Falcetta et al. (2017) apresenta um aprimoramento nas abordagens metodológicas desenvolvidas pelo IPT nas últimas décadas visando representar melhor os fenômenos físicos que



interferem direta ou indiretamente na capacidade de produção de sedimentos por erosões lineares nas bacias hidrográficas.

Este trabalho visa aplicar a metodologia desenvolvida pelo IPT (IPT, 2017 e Falcetta et al., 2017) para a bacia do rio Itaúnas e apresentar uma hierarquização das sub-bacias de seus afluentes economicamente mais importantes quanto à capacidade de produção de sedimentos.

2 - METODOLOGIA

Os produtos da metodologia apresentada em IPT (2017) e Falcetta et al. (2017) consistem em três mapas distintos que se complementam entre si: determinação das áreas suscetíveis à erosão, determinação das áreas com potencialidade de produção de sedimentos e, por fim, determinação e hierarquização das áreas pela sua capacidade de produção de sedimentos.

2.1 - Suscetibilidade à erosão

IPT/DAEE (1997) descrevem uma metodologia baseada na ponderação em ambiente de informações geográficas dos *Rasters* de geologia e pedologia e o de declividade a qual permite caracterizar as áreas de acordo com a suscetibilidade de desenvolverem erosão e, conseqüentemente, produzir sedimentos os quais serão transportados.

Os dados de pedologia utilizados neste trabalho foram obtidos do Mapa de Reconhecimento de Solos do Estado do Espírito Santo (DE MELLO CUNHA et al., 2016), os quais já se encontram em ambiente SIG (Geobases). Os dados de declividade foram obtidos em ambiente de informações geográficas a partir de processamento de um modelo digital de terreno hidrologicamente consistente com resolução espacial de 20 metros elaborado utilizando como dados de entrada vetores das feições provenientes de cartas topográficas do IBGE na escala 1:50.000.

A Tabela 1 resume as correlações utilizadas entre a pedologia e as classes de declividade para a bacia do rio Itaúnas. (Convenção: B – Baixa; M – Média; A – Alta; MA – Muito Alta)

Tabela 1 – Bacia do rio Itaúnas – classes de suscetibilidade à erosão

ASSOCIAÇÃO DE SOLOS	CLASSES DE DECLIVIDADE					
	A (0 a 3%)	B (3 a 6%)	C (6 a 12%)	D (12 a 25%)	E (25 a 50%)	F >50%
	CLASSES DE SUSCETIBILIDADE À EROSÃO					
PAdx5	B	M	A	A	MA	MA
PAdx2	B	M	A	A	MA	MA
PAdx1	M	M	A	A	MA	MA
PVAe4	B	B	M	A	MA	MA
LAdx2	B	B	M	M	A	MA
LAdx8	B	M	A	A	A	MA
LAdx1	B	B	M	M	A	MA

Continua...



Tabela 1 – Bacia do rio Itaúnas – classes de suscetibilidade à erosão (continuação)

ASSOCIAÇÃO DE SOLOS	CLASSES DE DECLIVIDADE					
	A (0 a 3%)	B (3 a 6%)	C (6 a 12%)	D (12 a 25%)	E (25 a 50%)	F >50%
	CLASSES DE SUSCETIBILIDADE À EROSÃO					
LAdx3	B	M	M	A	A	MA
LAdx7	B	M	A	A	A	MA
LVd4	B	B	M	M	A	MA
RQg2	M	A	A	MA	MA	MA
GJo2	B	B	B	B	B	B

2.2 - Potencialidade das terras à produção de sedimentos

Neste tópico, em IPT/DAEE (2005) é sugerida a correlação entre a suscetibilidade à erosão com o uso e ocupação do solo. Isto porque a produção de sedimentos geralmente se relaciona com atividades que provocam movimentação intensa do solo. Ocupações rurais onde não há a aplicação de práticas conservacionistas também são grandes fontes de sedimentos, uma vez que induzem a concentração do escoamento pluvial e aumento da velocidade deste.

Neste trabalho, foram utilizados os dados de uso de solo detalhados disponíveis no ambiente SIG Geobases, que foram construídos a partir da interpretação de fotos de levantamentos aerofotogramétricos realizados nos anos de 2007 e 2008. A Tabela 2 resume as correlações utilizadas entre as classes de suscetibilidade e o uso do solo na bacia do rio Itaúnas.

Tabela 2 – Bacia do rio Itaúnas – classes de potencialidade à produção de sedimentos

CLASSES DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO	CLASSES DE SUSCETIBILIDADE À EROSÃO			
	MUITO ALTA	ALTA	MÉDIA	BAIXA
Massas d'água	B	B	B	B
Reflorestamento (eucaliptos)	A	M	B	B
Solo exposto	MA	A	M	M
Mata nativa / capoeira	M	B	B	B
Afloramentos rochosos	M	M	M	M
Área urbana consolidada	B	B	B	B
Cultura perene	A	A	M	B
Cultura temporária	MA	A	A	M
Pastagem sem técnicas de conservação	A	A	M	M
Áreas de várzea / manguezal	B	B	B	B
Restinga	MA	A	B	B

2.3 - Capacidade de produção de sedimentos

Segundo Falcetta et. al. (2017), a densidade de drenagem apresenta forte correlação à ocorrência de erosões e, por sua vez, ao assoreamento de linhas de drenagem. Autores como Moeini et. al. (2015) e Clubb et. al. (2016) corroboraram este resultado obtido.



Assim, os valores de densidade de drenagem foram agrupados em quatro classes distintas, de acordo com os quartis estatísticos, apresentadas na Tabela 3 e, correlacionados com as classes de potencialidade das terras à produção de sedimentos conforme apresentado na Tabela 4.

Tabela 3 – Bacia do rio Itaúnas – classes de densidade de drenagem (Dd)

CLASSE	BAIXA DENSIDADE	MÉDIA DENSIDADE	ALTA DENSIDADE	MUITO ALTA DENSIDADE
Valores de Dd	< 0,511 km/km ²	0,511-1,023 km/km ²	1,023-1,534 km/km ²	> 1,534 km/km ²

Tabela 4 – Bacia do rio Itaúnas – classes de capacidade de produção de sedimentos

POTENCIALIDADE DAS TERRAS À PRODUÇÃO DE SEDIMENTO	CLASSES DE DENSIDADE DE DRENAGEM			
	BAIXA DENSIDADE	MÉDIA DENSIDADE	ALTA DENSIDADE	MUITO ALTA DENSIDADE
Baixa	B	B	M	M
Média	B	M	M	A
Alta	B	M	A	MA
Muito alta	M	A	MA	MA

3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Figuras 2, 3 e 4 apresentam, respectivamente, os mapas de suscetibilidade à erosão, de potencial das terras à produção de sedimentos e o de capacidade de produção de sedimentos elaborados para a bacia do rio Itaúnas.

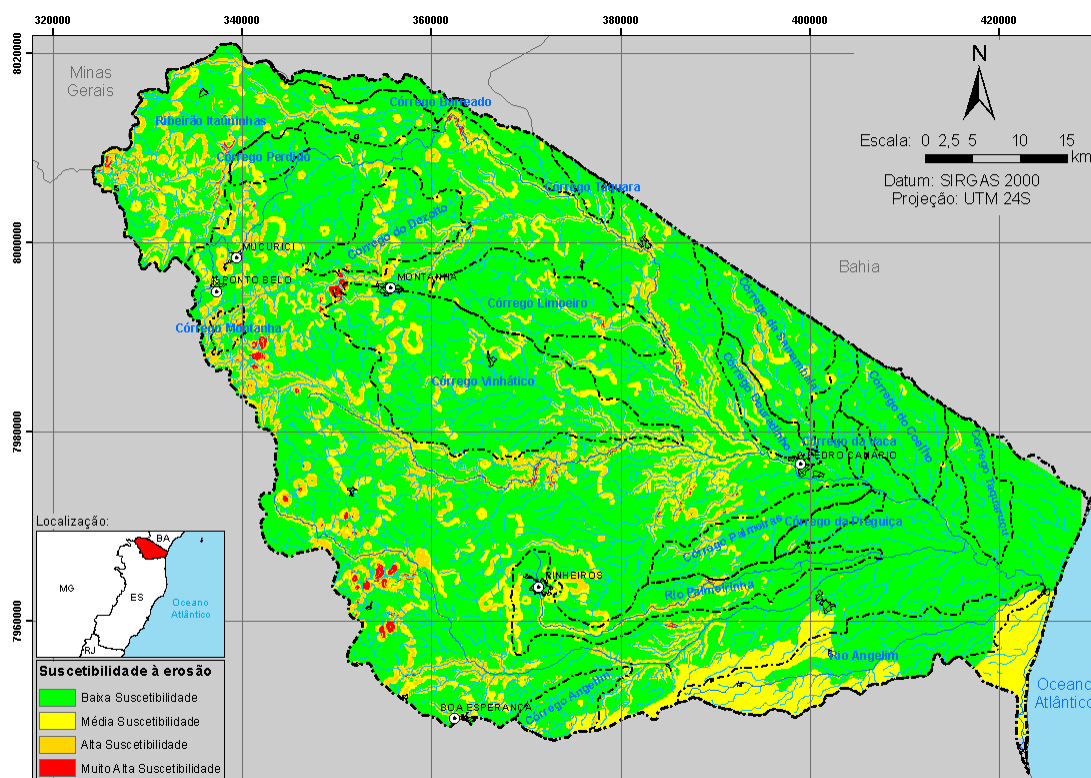


Figura 2 – Bacia do rio Itaúnas – Suscetibilidade à erosão (fonte: autoria própria)

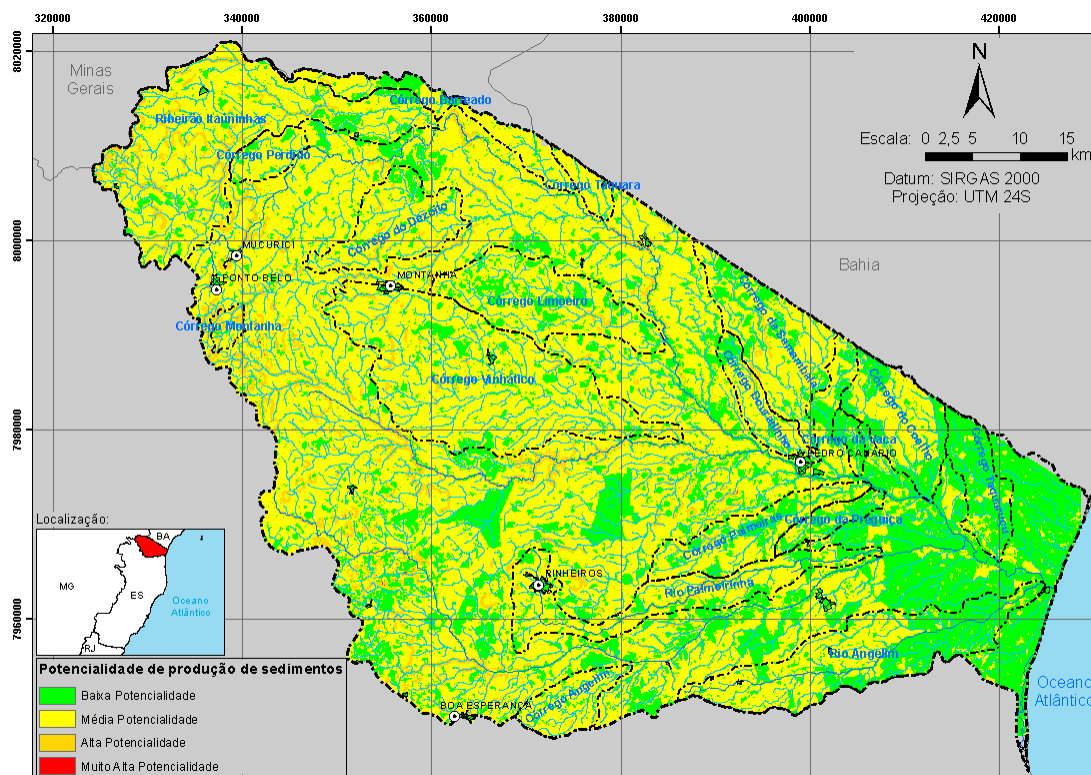


Figura 3 – Bacia do rio Itaúnas – Potencialidade das terras à produção de sedimentos (fonte: autoria própria)

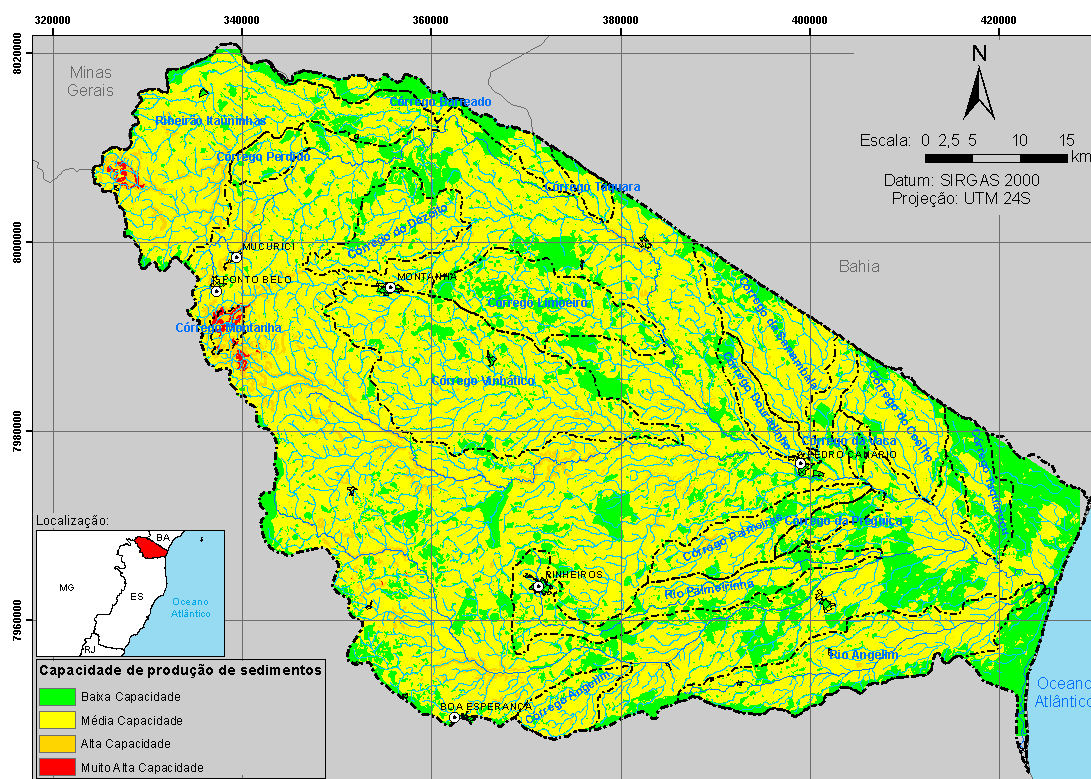


Figura 4 – Bacia do rio Itaúnas – Capacidade de produção de sedimentos (fonte: autoria própria)



Os mapas produzidos permitem observar que a maior suscetibilidade à erosão na bacia do rio Itaúnas ocorre no trecho de cabeceira, onde a declividade é mais acentuada e na sub-bacia do rio Angelim, pela presença de argissolo amarelo (associação PAdx1), naturalmente mais suscetível a erosões.

Quanto à potencialidade de produção de sedimentos, destaca-se a região próxima aos talwegues das drenagens principais da bacia, onde o impacto de assoreamentos pode ser ainda mais significativo, pela proximidade do contato com as linhas de drenagem. Por fim, a capacidade de produção de sedimentos foi considerada muito alta em quase toda sub-bacia do córrego Montanha e na região de cabeceiras do ribeirão Itauninhas, situações que certamente se traduzem em situações críticas de assoreamento a jusante, onde os sedimentos mobilizados nestes locais serão depositados em função da baixa declividade.

Pode-se, também, utilizar esta metodologia para hierarquizar sub-bacias de modo a direcionar recursos oriundos da cobrança pelo uso da água em ações que visem reduzir os impactos ou recuperar áreas degradadas pela ação das erosões ou assoreadas. No caso do rio Itaúnas, de um lado tem-se as sub-bacias do córrego Montanha, do córrego Angelim e do córrego Douradinho são as mais críticas quando à capacidade de produção de sedimentos e, de outro lado, tem-se as sub-bacias dos córregos da Taquara, Barreado e Taquaruçu com a menor criticidade.

Por fim, cumpre destacar a importância de ações como estas permitem avançar no gerenciamento de recursos hídricos, na medida em que fornecem importante instrumento de gestão do território e de tomada de decisão que permitem que recursos advindos da cobrança do uso da água em áreas potencialmente críticas no tocante a erosão e assoreamento sejam melhor alocados, uma vez que fazem uso de critérios embasados tecnicamente.

4 - AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer a Agência Estadual de Recursos Hídricos (AGERH) do estado do Espírito Santo pelos dados fornecidos referentes à pedologia e ao uso da terra na bacia hidrográfica do rio Itaúnas.

BIBLIOGRAFIA

Agência Estadual de Recursos Hídricos (AGERH) (2017). *Diagnóstico e o prognóstico das condições de uso da água na bacia hidrográfica do rio Itaúnas como subsídio fundamental ao enquadramento dos recursos hídricos*. Pinheiros-ES

CLUBB, F. J.; MUDD, S. M.; ATTAL, M.; MILODOWSKI, D. T.; GRIEVE, S.W.D. (2016). The relationship between drainage density, erosion rate, and hilltop curvature: implications for sediment transport processes. *Journal of Geophysical Research*.



DE MELLO CUNHA, A.; FEITOZA, H. N.; FEITOZA, L. R.; OLIVEIRA, F. S.; LANI, J. L.; CARDOSO, J. K. F.; TRINDADE, F. S. (2016). Atualização da legenda do mapa de reconhecimento de solos do Estado do Espírito Santo e implementação de interface no Geobases para uso dos dados em SIG. *Geografares*, (22), 32-65.

FALCETTA, F. A. M.; ALMEIDA FILHO, G. S.; HELLMEISTER JUNIOR, Z.; MOTA, E. C.; TANIKAWA, D. H. (2017). Desenvolvimento de uma metodologia para hierarquização das sub-bacias do rio do Peixe quanto à capacidade de produção de sedimentos. In: *XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, 22, 2017, Florianópolis. Anais. Porto Alegre: ABRH.

FERREIRA, S. R. B. (2002). *Da fartura à escassez: a agroindústria de celulose e o fim dos territórios comunais no Extremo Norte do Espírito Santo* (Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo).

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT), Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) (1997). *Relatório Técnico 36.071-205: Orientações para o combate à erosão no Estado de São Paulo - Síntese*. São Paulo-SP.

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT), Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) (2005). *Relatório Técnico 81.999-205: Monitoramento da erosão e do assoreamento nas Bacias Hidrográficas dos rios Taiaçupeba, Biritiba-Mirim e Paraitinga, SP*. São Paulo-SP.

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT) (2017). *Relatório Técnico 149.680-205: Mapa de potencialidade das terras à produção de sedimentos. Área piloto: Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Rio do Peixe*. São Paulo-SP.

Instituto Estadual do Espírito Santo (IEMA) (2011). *Zoneamento Ecológico Econômico do Estado do Espírito Santo - (ZEE)*. Lavras-MG: UFLA.

Instituto de Pesquisas do Espírito Santo (IPES), Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper), Instituto Estadual do Espírito Santo (IEMA), Universidade Estadual do Espírito Santo (UFES) (2003). *Recursos Hídricos e Desenvolvimento Regional nas Bacias Hidrográficas dos rios Doce (ES) e Itaúnas*. Vitória-ES.

MOEINI, A.; ZARANDI, N. K.; PAZIRA, E.; BADIOLLAHI, Y. (2015). The relationship between drainage density and soil erosion rate: a study of five watersheds in Ardebil province, Iran. *Wit Transactions on Ecology and the Environment*, 197.

PRANDINI, F. L. (1974). Occurrence of boçorocas in Southern Brazil: geological conditioning of environmental degradation. In: *International Congress of THE IAEG*, 2, 1974, São Paulo. Proceedings. São Paulo: ABGE, v. 1, tema 3, trab. 36. (IPT. Publicação, 1 038).