

ANÁLISE EROSIONAL DA SERRA DE MONTE ALTO ENTRE PALMAS DE MONTE ALTO E SEBASTIÃO LARANJEIRAS, BA

Erosional Analysis of Serra de Monte Alto between the cities of Palmas de Monte Alto and Sebastião Laranjeiras, Bahia State - Brazil

Análisis Erosional de la Sierra de Monte Alto entre Palmas de Monte Alto y Sebastião Laranjeiras, BA

Maria Angélica de Lima Tassoⁱ
Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - Brasil

Maria Rita Caetano Changⁱⁱ
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - Brasil

RESUMO

A Serra de Monte Alto abrange diversos municípios da região sudoeste do estado da Bahia e abriga nascentes responsáveis pelo abastecimento desses municípios, além de constituir área de lazer para seus habitantes. Nesta área foram criadas duas unidades de conservação, quais sejam o Parque Estadual da Serra dos Montes Altos e o Refúgio de Vida Silvestre da Serra dos Montes Altos. O presente estudo desenvolveu-se em área situada entre os municípios de Palmas de Monte Alto e Sebastião Laranjeiras, com o objetivo de auxiliar nas estratégias de conservação da serra. Para tanto, avaliou-se a ação de fatores naturais e antrópicos, por meio da análise de erodibilidade de sedimentos/solos aflorantes na área. Apesar de a erosão ser um processo natural, a ação antrópica contribui para a aceleração do processo, acarretando perdas consideráveis como o assoreamento dos cursos d'água, alteração dos ecossistemas, queda na fertilidade dos solos e poluição da água. Análises pela Equação Universal das Perdas de Solo (EUPS), para um período de 25 anos, determinou que a erosão da área estudada é baixa.

Palavras-chave: Serra de Monte Alto; unidades de conservação; erosão; ação antrópica.

ABSTRACT

Serra de Monte Alto extends over several municipalities in the southwestern region of the state of Bahia. It contains springs that provide water to these municipalities and serve as recreation areas for its inhabitants. In this mountain area, two conservation areas were created: the State Park of Serra dos Montes Altos and the Wildlife Refuge of Serra dos Montes Altos. The present study took place in the area between the cities of Palmas Monte de Alto and Sebastião Laranjeiras, aiming to assist the conservation strategies for the mountain area. Both natural and human factors were considered using the analysis of erodibility. Although erosion is a natural process, human interference contributes to the acceleration of the process, causing considerable damage such as aggradation of rivers, ecosystem changes, decline in soil fertility, and water pollution. Analysis using the Universal Soil Loss Equation (USLE), over a period of 25 years, showed that the erosion in the studied area is low.

Keywords: Serra de Monte Alto; conservation areas; erosion; anthropic activities.

RESUMEN

La Sierra de Monte Alto abarca varios condados en la región suroeste del estado de Bahía y casas de muelles responsables del suministro de estos condados, además de ser zona de recreo para los habitantes. Esta zona se crearon dos unidades de conservación, que son el Parque Estatal de Serra dos Montes Altos y Refugio de Vida Silvestre de la Sierra dos Montes Altos. Este estudio se desarrolló en la zona comprendida entre las ciudades de Palmas de Monte Alto y Sebastián de Laranjeiras, con el objetivo de ayudar en las estrategias de conservación de la serra. Por lo tanto, se evaluó la acción de factores naturales y antropogénicos, mediante el análisis de la erosionabilidad de sedimento / suelo en afloramientos de la zona. Aunque la erosión concorde como un proceso natural, las actividades humanas contribuyen a la aceleración del proceso, causando pérdidas considerables como la sedimentación per la agua, cambios en los ecosistemas, la disminución de la fertilidad del suelo y la contaminación del agua. Análisis de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE) por un período de 25 años, determinó que la erosión en el área de estudio es baja.

Palabras clave: Serra de Monte Alto; las áreas de conservación; la erosión; la acción humana.

INTRODUÇÃO

A Serra de Monte Alto abrange as cidades de Sebastião Laranjeiras, Candiba, Pindaí, Palmas de Monte Alto e o distrito de Mutans (Guanambi), abrigando um importante sistema

de águas superficiais que recarrega rios e aquíferos. Esses, por sua vez, abastecem ecossistemas de brejos temporários, lagos, lagoas artificiais e naturais, bem como municípios e povoados do seu entorno. Esta

serra tem, pois, grande importância econômica e social para a região, visto que abastece lagoas, aguadas e barragens das fazendas e cidades das bacias do Rio Casa Velha, Rio Verde e Rio Mirador.

O crescente aumento na procura de atividades de lazer na região estudada tem gerado discussões a respeito das possíveis formas de degradação do meio físico. Por seu turno, o turismo regional é uma atividade econômica das mais importantes, e pode ser viabilizado por meio de planejamento e gestão de atividades que devem ser implantadas pelo poder público, tais como um Plano Diretor visando o desenvolvimento de atividades turísticas, e de pesquisa científica da flora, fauna e geologia da serra.

O presente trabalho constitui uma contribuição aos estudos geológicos e ambientais, ainda escassos na região da Serra de Monte Alto. A melhor compreensão da constituição litológica das rochas aflorantes, sedimentos superficiais e dos processos erosionais que afetam áreas da serra, bem como a identificação e a caracterização da ação de eventos naturais e antrópicos aí estabelecidos, são elementos importantes para auxiliar nas estratégias de conservação de nascentes, rios e demais acidentes geográficos, com vistas a favorecer a preservação e a sustentabilidade da região.

A Serra de Monte Alto localiza-se na região centro-sul do Estado da Bahia (FIGURA 1), e área estudada compreende a porção da serra entre os municípios de Palmas de Monte Alto e

Sebastião Laranjeiras (FIGURA 2). Ao seu redor estende-se vasta planície que, em períodos de chuva, é irrigada por córregos e lagoas abastecidas por nascentes formadas na serra. A sul e a leste, a Serra de Monte Alto tem por vizinha a Serra do Espinhaço; a oeste, ocorrem afloramentos calcários do carste do Alto do São Francisco em meio a planície da Unidade do Vão (este é uma terminologia usada em geomorfologia) do São Francisco (COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO E AÇÃO REGIONAL, 2007) e, a norte, a Chapada Diamantina.

Apresenta relevo cuestiforme e topo plano. A inclinação topográfica é maior que 10° para sudoeste. Os solos mais frequentemente encontrados são cambissolos eutróficos, neossolos eutróficos, espodossolos eutróficos e latossolos vermelho-amarelos distróficos, eutróficos e álicos (EMBRAPA, 1999).

A vegetação é de caatinga até meia altitude e daí em diante a Serra é coberta por vegetação típica de cerrado.

MATERIAIS E MÉTODOS

Neste estudo foram utilizadas cartas topográficas digitalizadas de Palmas de Monte Alto (SD. 23-Z-B-I) e Espinosa (SD. 23-Z-B-V), em escala 1:100 000, fornecidas pela Secretaria de Planejamento do Estado da Bahia (SEI), e informações temáticas (geologia, tectônica, geocronologia, imagens de satélite e modelo digital de terreno) da Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo - SIG - CPRM (2004) - Folha SD.23 - Brasília, em escala 1:1.000.000.

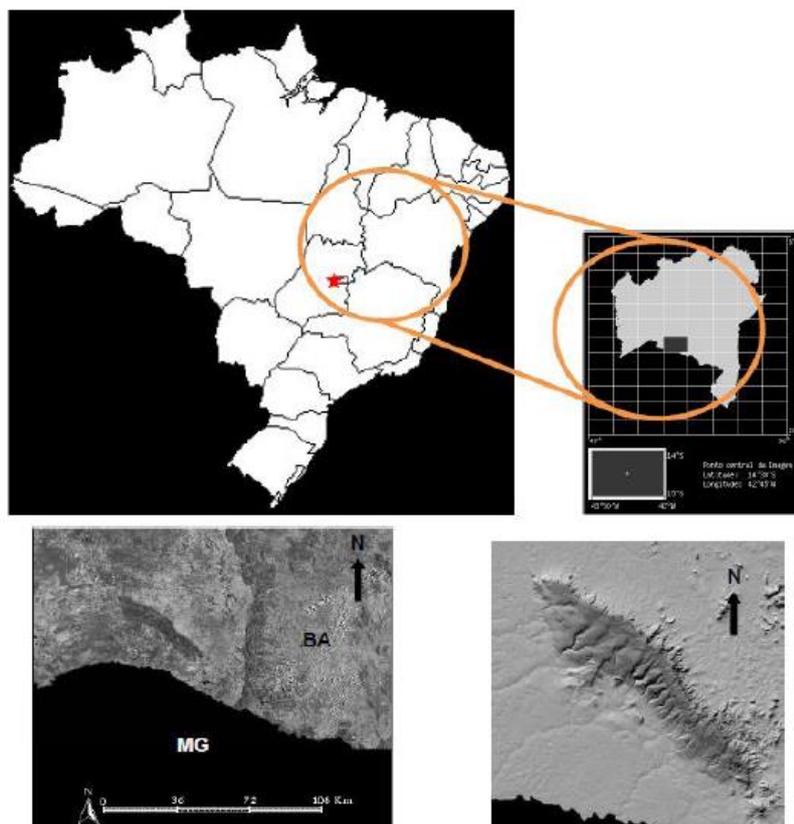


FIGURA 1 - Mapa de situação da Serra de Monte Alto (BA). Modificado de EMBRAPA (2008) e extraído de Tasso (2012).

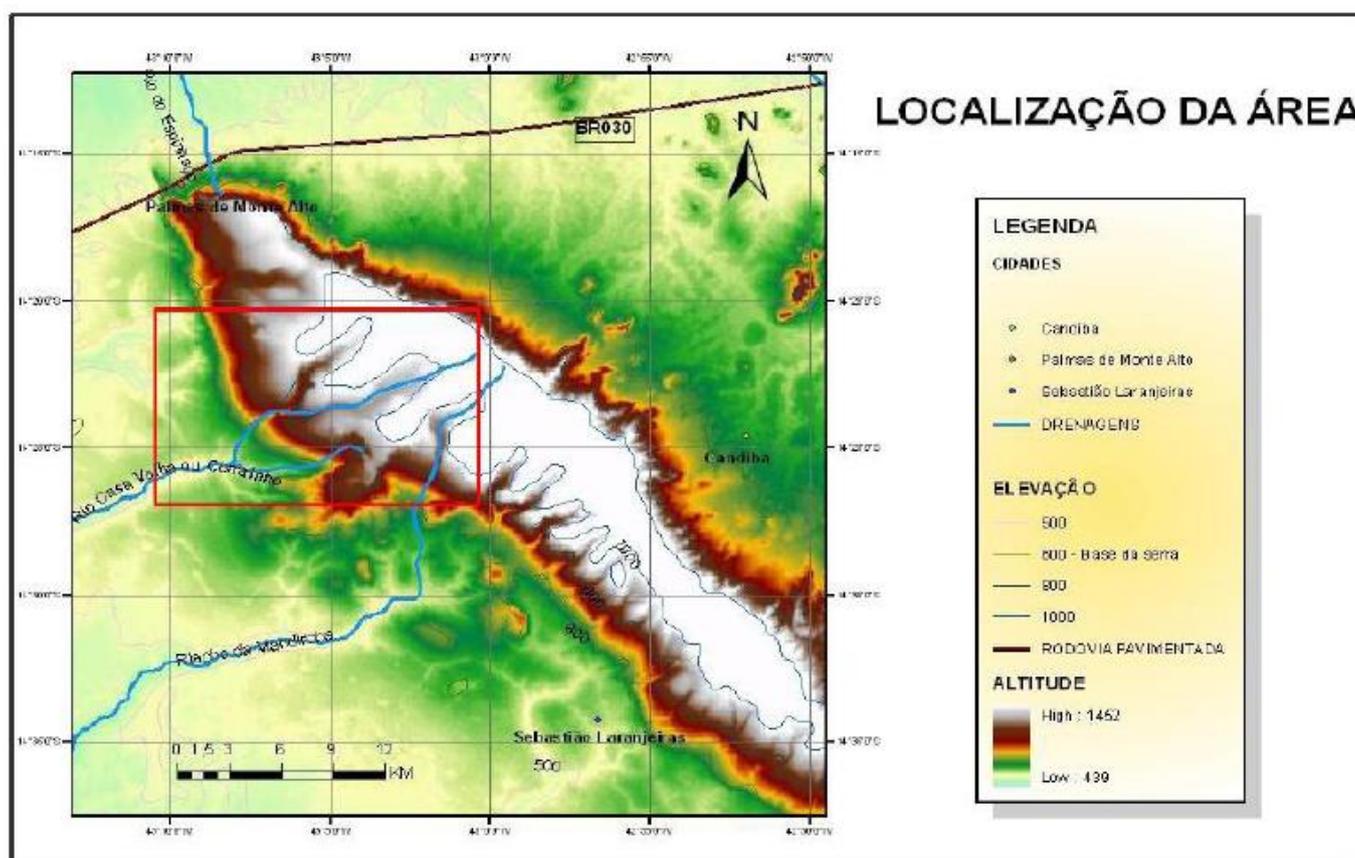


FIGURA 2 - Localização da área estudada - mapa topográfico e vias de acesso. Extraído da Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo - SIG - CPRM (2004) - Folha SD.23 - Brasília, em escala 1:1.000.000.

Informações de precipitações pluviométricas foram obtidas do Sistema de Informações Hidrológicas (Hidroweb), no *site* da Agência Nacional de Águas (ANA).

O *software* Erosividade Brasil, utilizado nesta pesquisa para quantificação do processo erosional na área de estudo, foi criado por Silva *et al.* (2005), pesquisadores da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus Sorocaba (FIGURA 3).

FIGURA 3 - Página inicial do *software* Erosividade Brasil para calcular a erosividade aplicável na Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS).

Os trabalhos de campo envolveram o reconhecimento da geologia da área, o levantamento de estradas, trilhas, espaços de lazer e propriedades privadas, bem como a identificação e descrição de rochas e sedimento/solo, com coleta de amostras de sedimento para análise textural, mineralógica e espectrometria de difração de raios X. Foram também identificadas as diferentes atividades desenvolvidas na região, fossem para subsistência ou lazer. Para a localização dos pontos descritos e amostrados (coordenadas geográficas e altitude) foi utilizado GPS (Global Positioning System), da marca Garmin eTrex, com precisão de 1 m a 5 m, e correções DGPS(1).

Nas coletas dos sedimentos superficiais foi utilizado trado manual. A amostragem foi realizada a profundidade de cerca de 50 cm, retirando-se cerca de 1 kg de material em cada ponto. Cada ponto amostrado foi devidamente localizado por meio de GPS, tendo sido posteriormente plotado em mapa (FIGURA 4).

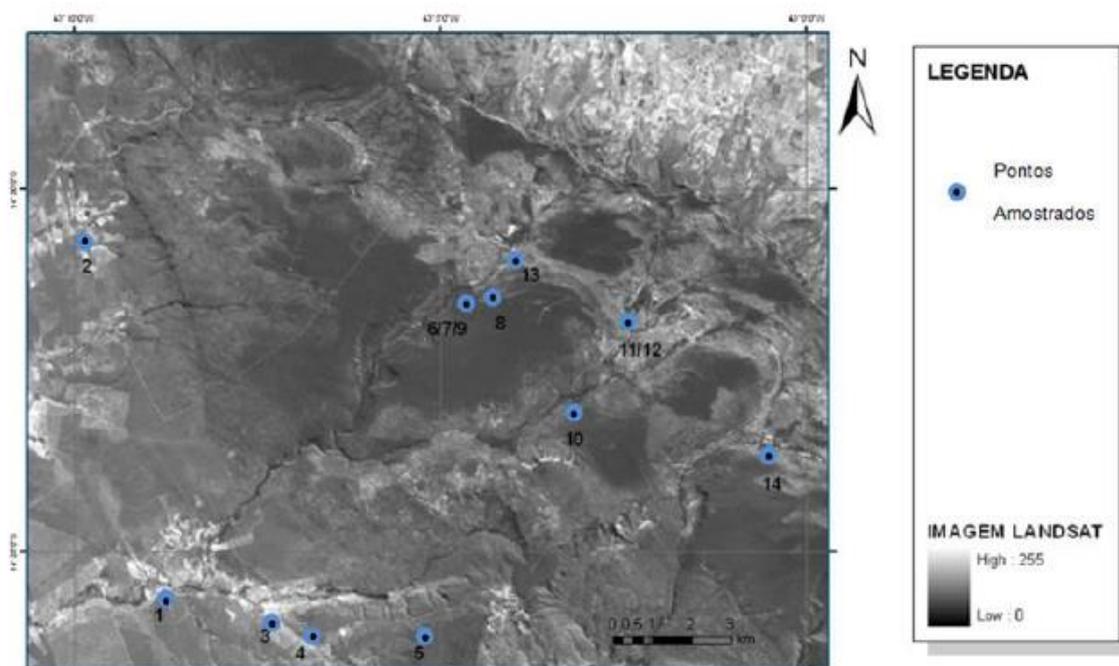


FIGURA 4 - Mapa de localização dos pontos amostrados.

Fonte: SIG - CPRM (2004) - Folha SD. 23 - Brasília, em escala 1:1.000.000

ANÁLISE TEXTURAL DOS SEDIMENTOS SUPERFICIAIS

As amostras de sedimentos superficiais coletadas foram submetidas a tratamento para análise granulométrica da fração grossa por peneiramento (via seca), e da fração fina, por pipetagem. Esses resultados foram utilizados para caracterizar e classificar os solos quanto à textura, segundo a nomenclatura utilizada no *software* Erosividade Brasil.

ESPECTROMETRIA DE DIFRAÇÃO DE RAIOS X

Os finos, proveniente da pipetagem também foram utilizados na análise das argilas por meio da Difractometria de Raios X. As amostras foram preparadas e analisadas com anódo de cobalto a uma velocidade de varredura de 0,05 Θ/s de 3° a 70°.

EQUAÇÃO UNIVERSAL DE PERDAS DE SOLO

Segundo Bertoni e Lombardi Neto (2008), nos últimos 20 anos houve significativo aprimoramento na precisão das equações de perdas de solo. Isso só foi possível mediante a utilização de dados experimentais obtidos a partir de análises detalhadas de áreas experimentais. Autores como Zingg (1950), Smith (1941) e Browning *et al.* (1947) acrescentaram fatores como comprimento de rampa e grau de declividade, práticas conservacionistas e culturais, e erodibilidade a equação, respectivamente. Em 1954, no Runoff and Soil-Loss Data Center, do Agricultural Research Service, com sede na Universidade de Purdue (Indiana, EUA), foi desenvolvida nova

equação de perdas de solo. Wischmeier e Smith (1978) revisaram e atualizaram esta equação, incorporando-lhe novos dados, pois os modelos anteriores eram aplicáveis apenas a zonas agrícolas. A partir daí, surgiram modelos aplicáveis em bacias hidrográficas.

A Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS) pode ser usada em estudos para prever perdas de solo por erosão, selecionar práticas de conservação do solo e determinar os declives máximos de cultivo.

Os trabalhos iniciais sobre perdas de solo no Brasil foram realizados por Bertoni *et al* (1975), utilizando dados do estado de São Paulo. A concepção dessa equação visou auxiliar nos estudos de conservação do solo, no que tange ao planejamento de áreas rurais cultivadas, e para avaliar a eficácia das práticas conservacionistas. Foi também utilizada para avaliação de perdas em áreas de pastagem e florestas impactadas. Atualmente, a EUPS vem sendo empregada em diversos locais, tais como em áreas de construção urbana, recreação e aterros para construção de estradas (RENARD *et al.*, 1991).

A equação 1, atualmente utilizada no Brasil, foi adaptada por Bertoni e Lombardi Neto (2008):

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P \quad (1)$$

A é a perda de solo por unidade de área (tonelada por hectare - t/ha); R é o fator de erosividade da chuva, que expressa a erosão potencial ou o poder erosivo da precipitação média anual na região; K é o fator de erodibilidade do solo que representa a capacidade de este sofrer erosão pela chuva; L é

o fator topográfico que expressa o comprimento do declive; S é o fator topográfico que expressa a declividade do terreno; C é o fator que expressa o uso e manejo do solo; e P é o fator que expressa a prática conservacionista do solo. Tanto o fator R como o K são determinados, atualmente, empregando-se modelos matemáticos sofisticados, derivados da EUPS, a partir de dados fornecidos por levantamentos de campo.

Neste trabalho foi utilizado o *software* Erosividade Brasil, criado por Silva *et al.* (2005). Por meio desse programa são gerados dados de erosividade (R) e erodibilidade (K), a partir de dados obtidos no campo e aplicados na fórmula EUPS. Os valores obtidos da análise granulométrica - areia, silte e argila - são utilizados no cálculo.

A classificação textural dos materiais e a erodibilidade foram obtidos segundo o método de Boyoucos (1935) e Mitchell e Bubenzer (1980), descrito a seguir. No entanto, segundo Silva *et al.* (2005), somente o valor de erodibilidade calculado pela equação de

$$R = EcI_{30} = \Sigma (Ec \cdot I_{30}) \text{ sendo } Ec = 12,142 + 8,877 \log I \quad (2)$$

EcI_{30} é o índice de erosão (Megajoule/hectare multiplicado por milímetros/hora); Ec é a energia cinética da chuva (Megajoule/ha-mm); I é a intensidade de chuva num intervalo considerado (ml); e I_{30} é a

Mitchell e Bubenzer (1980) vale para interpretação e emprego na EUPS; alertam, ainda, que a unidade utilizada no *software* é a métrica (t.a.ano/tm.ha.mm), fazendo-se necessária a multiplicação da constante 0,1317 para obtenção do valor no sistema internacional (t.ha.h/MJ.ha.mm). O fator R é determinado pelo produto da energia cinética de uma chuva por sua intensidade máxima em 30 minutos, conforme utilizado em países de clima temperado, onde o índice de erosão (EcI_{30} - EQUAÇÃO 2) é medido rotineiramente. Devido à dificuldade de se obter pluviogramas no Brasil, este cálculo foi adaptado por Lombardi e Moldenhauer (1992) para uso em nosso país. Após 22 anos de registros de precipitação na cidade de Campinas (SP), os autores desenvolveram uma proposta adaptada à realidade brasileira, desprezando precipitações com intensidades inferiores a 25 mm e não utilizando a intensidade média em 30 minutos, mas baseando-se apenas no índice pluviométrico mensal e anual (EQUAÇÕES 3 E 4).

máxima intensidade da chuva em 30 minutos (milímetros/hora).

Sendo assim, na equação 2 ocorreu a substituição de I_{30} por P , onde os valores não ultrapassem os 25 ml.

$$R = K \cdot Ec = \Sigma (Ec \cdot P) \text{ utilizando } P \text{ para } I > 25 \text{ ml} \quad (3)$$

$$Ec \cdot I = 6,886 (Pm^2/P)^{0,86} \quad (4)$$

Onde Pm é a precipitação média mensal e P a precipitação média anual.

$E_c \cdot I$ é a média mensal do índice de erosão (mm); P_m a precipitação média mensal (mm) e P a precipitação média anual (mm).

O fator K (erodibilidade) representa a suscetibilidade do solo à erosão, estando relacionado às suas propriedades físicas e químicas.

O *software* Erosividade Brasil baseia-se nos parâmetros granulométricos areia, silte e argila, assim como na quantidade de matéria orgânica, para identificação do fator erodibilidade no Brasil. Esse *software* identifica a classe textural e gera resultados pelo método de Boyoucos (1935), com base na relação granulométrica prevista na equação 5. Mitchell e Bubenzer (1980), baseados na classificação textural (proporção de areia, silte e argila), interpretam o resultado obtido.

$$\text{Erodibilidade} = (\% \text{ Areia} + \% \text{ Silte}) / (\% \text{ Argila})$$

Os fatores topográficos L (comprimento) e S (declividade) influenciam na velocidade do fluxo e nas perdas por erosão. Esses fatores são determinados como conjuntamente pela equação 6. Concavidades ou convexidades do terreno não são levadas em conta para os cálculos do fator topográfico. L é medido em metros e S em porcentagem, gerando um valor adimensional.

$$L \cdot S = \sqrt{L/100 (1,36 + 0,97 S + 0,1385 S^2)} \quad (6)$$

Bertoni (1959 *in* BERTONI e LOMBARDI NETO, 2008), por meio das determinações de perdas de solos nos principais tipos de solo do estado de São Paulo, determinou a equação 7 para o cálculo das perdas médias de solo para

os variados graus de declividade e comprimentos de rampa.

$$T = 0,145 D^{1,18} \quad (7)$$

T corresponde às perdas de solo em quilogramas/unidade de largura/unidade de comprimento; e D é o grau de declividade do terreno, em porcentagem.

$$T = 0,166 C^{1,63} \quad (8)$$

T corresponde às perdas de solo, em quilogramas/unidade de largura; e C é o comprimento de rampa do terreno, em metros.

Para as condições-padrão, as equações 7 e 8 tornam-se:

$$LS = 0,00984 C^{0,63} \cdot D^{1,18} \quad (9)$$

LS é o fator topográfico; C é o comprimento de rampa em metros; e D é o grau de declividade em porcentagem.

O fator C é a relação esperada entre as perdas de solo de um terreno cultivado em dadas condições e as perdas correspondentes de um terreno mantido continuamente exposto e cultivado. Para áreas onde não ocorram culturas, o fator C deve ser substituído por índices de vegetação nativa (TABELA 1). Na região estudada predomina vegetação de cerrado, apesar de localizar-se na região do semi-árido baiano, onde em geral domina a caatinga.

O fator P é a relação entre a intensidade esperada de tais perdas com determinada prática conservacionista (BERTONI e LOMBARDI, 2008). A tabela 2 apresenta

algumas práticas conservacionistas utilizadas para a proteção do solo contra a erosão.

PRATICAS CONSERVACIONISTAS	VALOR DE P
Plantio morro abaixo	1,0
Plantio em contorno	0,5
Alternância de capinas + plantio em contorno	0,4
Cordões de vegetação permanente	0,2

TABELA 1 – Uso e Manejo do Solo.
 Fonte: Agência Nacional de Água – ANA.

CULTURA	FATOR C
Milho	0,25
Mandioca	0,20
Algodão	0,15
Feijão/Soja	0,10
Café	0,1126
Pastagem (60% a 80% de cobertura)	0,025
Floresta	0,012
Savana (Cerrado)	0,042
Estepe (Caatinga)	0,130

TABELA 2 – Valores de P para algumas práticas conservacionistas.
 Fonte: Bertoni e Lombardi Neto (2008).

Neste trabalho foram utilizados valores de P referentes à alternância de capinas + plantio em contorno e a cordões de vegetação permanente, com o intuito de comparar duas formas de conservação de áreas que ainda não sofreram os impactos gerados pela ação antrópica.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Difratometria de Raios X determinou a presença de sepiolita na maioria das amostras. Este mineral apresenta origem secundária e se forma em ambiente de clima árido.

Para o cálculo das perdas de solo foram determinados o índice de erosividade, a classe

de erodibilidade, a precipitação pluviométrica por um período de 25 anos, a declividade do terreno e o fator topográfico da área de estudo na Serra de Monte Alto.

FATOR EROSIVIDADE

Para o cálculo do índice de erosividade (Ec.I) (EQUAÇÃO 4), foram utilizados dados pluviométricos mensais e anuais, no período de 1985 a 2009 (TABELA 3; FIGURA 5), obtidos no site da Agência Nacional de Águas (ANA). Esses dados foram tratados posteriormente para utilização no estudo das perdas de solo da área estudada (TABELA 4).

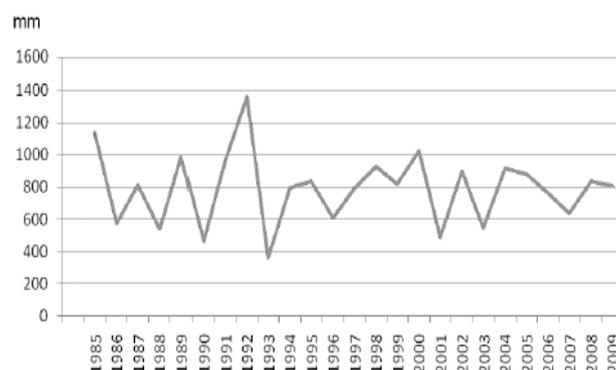


FIGURA 5 – Comportamento do Índice Pluviométrico no período de 1985 a 2009.
 Extraído de Tasso (2012).

Os índices pluviométricos dos 25 anos estudados demonstram um padrão típico de áreas de semi-árido (FIGURA 6), onde o ano é dividido em duas estações, a de inverno – seco – , e de verão – chuvoso. Os meses de maio a setembro são de estiagem e os meses de outubro a abril de chuvas rápidas, que não ultrapassam 30 minutos, porém de grande volume.

A ausência de valores em determinados períodos do ano estão relacionadas a momentos de falta de medições ou valores muito próximos do zero e, portanto não plotados pela ANA.

<i>ANO/MÊS</i>	<i>Jan</i>	<i>Fev</i>	<i>Mar</i>	<i>Abr</i>	<i>Mai</i>	<i>Jun</i>	<i>Jul</i>	<i>Ago</i>	<i>Set</i>	<i>Out</i>	<i>Nov</i>	<i>Dez</i>	<i>Média</i>	Σ
1985	450	23	125	9	0			1,5	32	42,6	125	330	114,0	1139,6
1986	152	55		33				11		57,9	35	233	82,3	575,9
1987	116	12	165	9	0,4				18	32,5	240	221	90,5	814,1
1988	53,9	38	95	13		2				78,5	50	209	67,5	539,8
1989	46,5	39	104	23	1,4	46	1	0,8	27	32,9	182	486	82,4	988,8
1990	43,4	228	13		0,7		1			55,3	46	76	57,9	463,1
1991	162	81	169	17	0,5				53	63,6	306	110	106,8	961,3
1992	508	184	13	21	1,7				30	49,9	205	347	151,0	1358,6
1993	30,8	29		35					1,2	45,3	29	194	52,1	364,6
1994	89,4	102	292	74		0				3,7	151	84	99,5	796,3
1995	41,7	122	74	31	32					26,1	110	402	104,9	839,3
1996	1,1	6,3	125	3	0,5					66,6	331	73	75,8	606,7
1997	172	104	233	65		2			11	41,5	101	61	87,9	790,7
1998	161	229	60		2,1					6,9	265	204	132,5	927,6
1999	51,8	100	93	1,9	0,7				40	52,3	301	179	91,1	819,7
2000	211	97	128	3,6					7,5	67,6	170	333	127,2	1017,2
2001	39,3	30	100	14	17	0			212	51,2	135	83	68,1	681
2002	295	155	2,9	2,4	40				29	1,6	141	233	99,9	899,4
2003	69	28	125	50	28			1,9	15	20,4	102	108	54,7	547,4
2004	318	116	147	32		1				36	159	108	114,6	916,7
2005	156	147	119	12	52					5,6	150	241	11,3	882,3
2006	6,4	57	142	107	1,1				24	206	145	72	84,5	760,1
2007	98,1	188	2,3	77						12,6	98	158	90,6	634,4
2008	87,8	150	116	95					19		211	156	119,2	834,6
2009	102	12	111	136					26	211	41	167	100,6	805,1
Desvio	246	7,6	9,9	90					4,5	119	60	115		
Média	138	93	111	38	12	8	1	3,8	36	52,8	153	195		

TABELA 3 – Dados Pluviométricos do município de Palmas de Monte Alto.

Fonte: ANA – disponível em <<http://hidroweb.ana.gov.br>>, acesso em abr. 2010.

Ano	Ec. I	Média	Σ											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		Ec. 1
1985	592		65							10,3	65,1	347,8	90	1080,2
1986	164,8	28,4		11,8						31,3	12,9	344,4	49,5	593,6
1987	76,9		141							8,6	268,4	233,1	60,7	728
1988	29,3	16,3	77,8							55,9	25,7	300,8	42,2	505,8
1989	13,5	9,9	53,6			13,1			5,2	7,5	140,8	763,9	84	1007,5
1990	23	399,8								34,9	25,6	59,7	45,3	543
1991	118,6	35,5	127,7						17,1	23,7	353,3	60,8	61,4	736,7
1992	627,7	109,2							4,7	11,6	131,4	325,9	101	1210,5
1993	15,7	14,3		19,8						30,4	14	371,4	39	465,6
1994	50	63,1	383,9	36							123,2	45,1	58,4	701,3
1995	12,9	81,5	34,8	7,8						5,8	68,6	634,9	71,2	854,3
1996			112,9							38,1	601,4	44,8	66,4	797,2
1997	156,3	65,1	261,8	29,3						13,5	62,3	25,9	51,2	614,2
1998	121,1	221,8	21,9								283,6	181	69,1	829,4
1999	19,1	59,5	52,5						12,1	19,4	393,4	160,6	60	716,6
2000	177,3	46,2	75,5							25,1	122,3	389,8	69,7	836,2
2001	13,9	8,8	68,8						253,1	21,9	116,9	50,3	44,5	533,7
2002	350,8	116,1			11,4				6,3		98,9	234	68,1	817,5
2003	44,2	9,5	123,1	25,2	9,4						86,4	95,6	32,8	393,4
2004	392	69,6	104	7,6						9,3	118,8	60,9	63,5	762,2
2005	119	108,2	74,7		18,2						112	251,4	57	683,5
2006		24,1	116,1	70,4						218,1	119,2	36,1	48,7	584
2007	71,4	218,1		47,5							71,3	161,6	47,5	569,9
2008	46,6	116,9	74,9	53,7							209,8	125,7	52,3	627,6
2009	62,1		71,5	102,4					5,9	216,9	12,7	145,8	51,4	617,3

TABELA 4 – Fator erosividade (Ec.I) mensal e média anual no período de 1985 a 2009.
 Extraído de Tasso (2012).

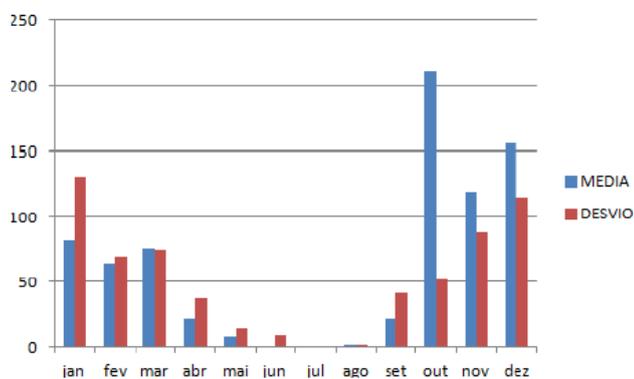


FIGURA 6 – Média e desvio padrão dos índices de pluviosidade para o período de 1985 a 2009.
 Extraído de Tasso (2012).

Como os intervalos utilizáveis na análise das perdas de solo estão relacionados aos períodos de maior intensidade pluviométrica, o período de ausência de dados, de abril a setembro, pouco alterará os dados e valores obtidos na aplicação da Equação Universal das Perdas de Solo.

Os valores de média e desvio padrão calculados para os doze meses, ao longo dos 25

anos, demonstram que, principalmente para os meses de janeiro, abril e outubro, ocorrem as maiores diferenças. Esses meses representam os períodos limites nas mudanças de estações na região do semi-árido nordestino.

O gráfico do índice pluviométrico (FIGURA 5) para os 25 anos demonstra uma característica repetitiva para os anos de 1989 a 1990, 1992 a 1993 e 2000 a 2001, sendo que os anos de 1989, 1992 e 2000 apresentam os maiores índices pluviométricos, e os anos de 1990, 1993 e 2001 apresentam os menores índices pluviométricos no período estudado.

A ausência de valores em determinados períodos do ano estão relacionadas a momentos de falta de medições ou valores muito próximos do zero e, portanto, não plotados pela ANA. Neste trabalho, foram utilizados apenas os períodos dotados de valores reais e não

inferidos. Como os intervalos utilizáveis na análise das perdas de solo estão relacionados aos períodos de maior intensidade pluviométrica, o período de ausência de dados, de abril a setembro, pouco altera os dados e valores obtidos na aplicação da EUPS.

O gráfico da figura 6 representa os valores da média e do desvio padrão dos índices pluviométricos, nos meses de janeiro a dezembro, para os 25 anos analisados.

Para o cálculo do fator erosividade (TABELA 4) foram desprezados valores pluviométricos inferiores a 30 ml, como recomendado por Bertoni e Lombardi Neto (2008).

CLASSES DE ERODIBILIDADE

As classes de erodibilidade foram obtidas com a utilização do *software* Erosividade Brasil, o que proporcionou rapidez no resultado e na classificação da erosividade dos sedimentos estudados (TABELA 5).

Os parâmetros utilizados no *software* foram as porcentagens de areia, silte e argila em cada uma das amostras analisadas granulometricamente, identificando-se, assim, a erodibilidade dos diferentes sedimentos.

Os baixos teores (em torno de 1%) de matéria orgânica presentes nas amostras analisadas, não impuseram variação à classificação dos sedimentos estudados com a utilização do *software*, já que a inserção ou não deste dado não promoveu mudança nos resultados.

FATOR TOPOGRÁFICO

Para determinar a declividade média da área estudada foi necessário determinar a porcentagem das declividades (D), por meio da equação $D = (V/H)100$, onde V é a distância vertical e H a distância horizontal, para os diferentes segmentos de rampas (TABELA 6). O fator topográfico (TABELA 7) foi determinado

AMOSTRA	AREIA (%)	SILTE (%)	ARGILA (%)	CLASSE TEXTURAL	MÉTODO DE BOYOUCOS (1935)	MÉTODO DE MITCHELL E BUBENZER (1990)	INTERPRETAÇÃO (CARVALHO, 1994)
1	97,1	2,4	0,6	Areia	100	0,05	Erodibilidade Fraca
2	98,2	1,5	0,3	Areia	100	0,05	Erodibilidade Fraca
3	96,7	2,8	0,5	Areia	100	0,05	Erodibilidade Fraca
6	98,7	1,1	0,2	Areia	100	0,05	Erodibilidade Fraca
7	99,7	0,2	0,1	Areia	100	0,05	Erodibilidade Fraca
8	99,7	0,2	0,1	Areia	100	0,05	Erodibilidade Fraca
10	98,4	1,3	0,3	Areia	100	0,05	Erodibilidade Fraca
11	99,3	0,5	0,2	Areia	100	0,05	Erodibilidade Fraca
13	99,3	0,5	0,2	Areia	100	0,05	Erodibilidade Fraca

TABELA 5 – Erodibilidade dos sedimentos estudados. Extraído de Tasso (2012).

pela equação 8, baseada nas equações 5 e 6 obtidas por Bertoni (1959).

PONTOS	DISTANCIA VERTICAL (m)	DISTANCIA HORIZONTAL (m)	DECLIVIDADE (%)
1-3	44	2659,6	1,7
2-2 ^a	6	109,8	5,5
3-4	43	1040	4,1
4-5	128	2717	4,7
5-5A	210	6806,8	3,1
6-6A	12	99,3	12,1
7-9	8	89,6	8,9
8-8A	43	90,3	47,6
10-11	52	2619,5	2,0
13-13A	2	120	1,7
14-14A	19	108,3	17,6
MÉDIA			9,91

TABELA 6 - Dados para calcular a declividade média de segmentos de rampas na área estudada. Extraído de Tasso (2012).

O Fator LS utiliza medidas de rampa que irão compor as equações 6 e 7. A tabela 6 apresenta valores determinados por meio de medições diretas - de campo - e indiretas - com o auxílio de imagens de satélite e mapas topográficos. Optou-se por medidas indiretas, devido à impossibilidade de medições *in loco*, em função da densa vegetação do tipo cerrado, existente em grande parte da área estudada. Dessa forma, foram considerados diferentes intervalos de comprimentos de rampa.

PONTOS	FATOR LS
1-3	2,6
2-2A	1,4
3-4	3,8
4-5	8,9
5-5A	9,7
6-6A	3,4
8-8A	17,1
9-9A	2,2
10-10A	3,2
13-13A	0,3
14-14A	5,6
MÉDIA	5,3

TABELA 7 - Fator Topográfico (LS) de segmentos de rampa na área estudada. Extraído de Tasso (2012).

USO E MANEJO DO SOLO E PRÁTICAS CONSERVACIONISTAS

Para o cálculo das perdas de solo na área de estudo foram utilizados valores de Uso e Manejo do Solo de Cerrado (0,042; TABELA 1), por ser esta a vegetação típica da porção média a alta da Serra de Monte Alto, e de Práticas Conservacionistas de Cordões de Vegetação Permanente (0,2; TABELA 2), por ser esta a prática mais próxima da existente na área da serra.

TOTAL DE PERDAS DE SOLO NO PERÍODO DE 1985 A 2009

Utilizando-se a equação 1, obteve-se os valores das perdas de solo anuais, no período de 1985 a 2009 (TABELA 8).

Os anos de maior índice pluviométrico apresentam maiores perdas, já que o fator erosividade está diretamente relacionado com as chuvas ocorridas no período.

O gráfico da figura 7 compara a pluviosidade com a perda de solo, utilizando-se os valores calculados pelo Sistema Internacional. É nítida a semelhança das curvas de perdas de solo e de índice pluviométrico, demonstrando a relação das duas propriedades. Como os solos/sedimentos analisados na área de estudo apresentam baixas porcentagens de argilas são mais susceptíveis à erosividade provocada pelas chuvas.

ANO	R	K (Sistema Internacional)	LS	CP	A (Internacional) (t.ha.h/MJ.ha.mm)
1985	1080,2	0,006	5,3	0,008	0,27
1986	593,6	0,006	5,3	0,008	0,15
1987	728	0,006	5,3	0,008	0,18
1988	505,8	0,006	5,3	0,008	0,10
1989	1007,5	0,006	5,3	0,008	0,20
1990	543	0,006	5,3	0,008	0,11
1991	736,7	0,006	5,3	0,008	0,15
1992	1210,5	0,006	5,3	0,008	0,24
1993	465,6	0,006	5,3	0,008	0,10
1994	701,3	0,006	5,3	0,008	0,14
1995	854,3	0,006	5,3	0,008	0,17
1996	797,2	0,006	5,3	0,008	0,16
1997	614,2	0,006	5,3	0,008	0,12
1998	829,4	0,006	5,3	0,008	0,17
1999	716,6	0,006	5,3	0,008	0,14
2000	836,2	0,006	5,3	0,008	0,17
2001	533,7	0,006	5,3	0,008	0,11
2002	817,5	0,006	5,3	0,008	0,16
2003	393,4	0,006	5,3	0,008	0,10
2004	762,2	0,006	5,3	0,008	0,15
2005	683,5	0,006	5,3	0,008	0,14
2006	584	0,006	5,3	0,008	0,12
2007	569,9	0,006	5,3	0,008	0,11
2008	627,6	0,006	5,3	0,008	0,12
2009	617,3	0,006	5,3	0,008	0,12
					$\Sigma A = 3,7$

TABELA 8 - Perdas de solo no período de 1985 a 2009.
 Extraído de Tasso (2012).

PERDAS DE SOLO VERSUS TAXAS DEPOSICIONAIS

Considerando-se que o acúmulo de sedimentos nas partes baixas é resultado da erosão na serra, pode-se inferir a situação de erosão dos solos comparando-se as perdas de solo e as taxas deposicionais (reflexo das espessuras acumuladas) na área.

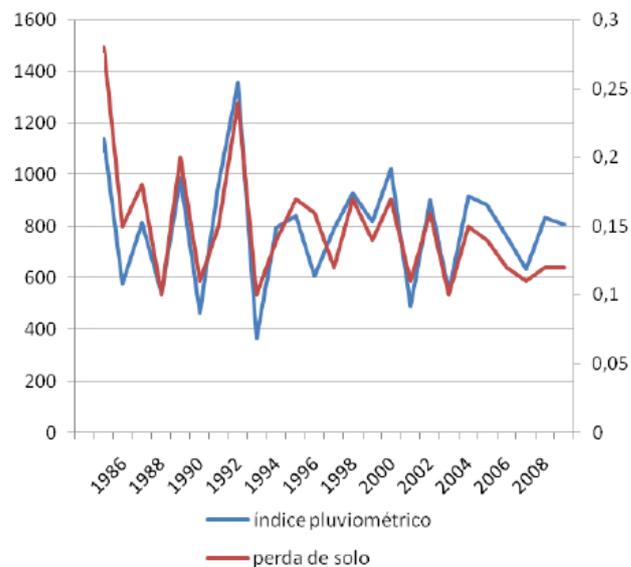


FIGURA 7 - Precipitação Pluviométrica e Perdas de Solo.
 Extraído de Tasso (2012).

Assim, estabeleceu um modelo teórico em que as perdas de solo (ΣA), calculadas pela Equação Universal de Perdas de Solo, foram distribuídas em uma área de 1 hectare. Nesse caso, o Peso (P) do material retirado em 1 ha corresponde a 3,7 toneladas, uma vez que $\Sigma A = 3,7 \text{ t}$ (TABELA 8).

Já o Volume (V) de material retirado em 1 ha é $V = P/\rho$, onde ρ é a densidade da areia fina seca (utilizada como padrão para os sedimentos da área de estudo), de forma que $V = 3.700 \text{ kg} / 1525 \text{ kg.m}^{-3} = 2,43 \text{ m}^3$

Finalmente, a Espessura (h) de material retirado em 1 hectare é $h = V/\text{ha}$, onde $h = 2,43 \text{ m}^3 / 10000 \text{ m}^2 = 0,0002 \text{ m}$ (0,2 mm).

CONCLUSÃO

Normalmente, as perdas de solo estão voltadas para ambientes extremamente impactados por processos agrícolas. A área analisada, porém apresenta fatores relacionados

principalmente aos impactos naturais gerados por mudanças no clima.

A mudança climática registrada na mineralogia dos sedimentos analisados representada pelo mineral sepiolita, sugere períodos de estiagem durante a deposição dos sedimentos.

Os estudos sedimentológicos utilizados para a análise dos processos erosionais nas encostas da serra, serviram para diagnosticar possíveis impactos.

A implantação do cerrado na Serra de Monte Alto ocorreu por um aumento de períodos chuvosos que possibilitou o armazenamento de água no subsolo e conseqüentemente sua preservação.

As baixas perdas de solo diagnosticadas neste trabalho são condizentes com o ainda baixo impacto ambiental na área da serra. Contudo, a ocupação humana promoveu o progressivo desmatamento de porções da vegetação original criando áreas expostas à ação dos fatores climáticos. O impacto das chuvas, ainda que escassas, e a insolação nos locais onde o cerrado foi retirado, certamente contribuíram para a expansão da caatinga.

A agricultura de subsistência ocorrida no presente e no passado recente promoveu baixo impacto nos solos pobres. Os estudos de impacto podem definir formas de um melhor aproveitamento destas áreas e dessa forma conservando outras áreas que ainda não sofreram impacto antrópico.

Este trabalho fornece a identificação dos impactos no meio físico, possibilitando uma melhor forma de conservação deste e

aproveitamento das riquezas naturais (solo, recursos hídricos e geológicos) da serra.

NOTAS

ⁱ Geóloga; Doutora em Geociências e Meio Ambiente pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP); Professora da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB).

E-mail: tassomaria@gmail.com

ⁱⁱ Geóloga; Doutora em Geociências pela Universidade de São Paulo (USP); Livre-Docente pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP); Professora Titular da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP, Rio Claro).

E-mail: mrchang@rc.unesp.br

REFERÊNCIAS

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. *Manual do produtor rural*, 2010. Disponível em: <http://www.ana.gov.br/Produagua/LinkClick.aspx?fileticket=eMQXN15ArFY%3d&tabid=733&mid=1579>. Acesso em 05 maio 2010.

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. *HIDROWEB – Sistema de informações hidrológicas*, 2010. Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br>. Acesso em 19 abr. 2010.

BERTONI, J. O espaçamento de terraços em culturas anuais, determinado em função das perdas por erosão. *Bragantia*, n.18, 1959. pp.113-140.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. E BENATTI JR., R. Equação de perdas de solo. *Instituto Agrônomo*, 1975. (Boletim Técnico, 21).

BERTONI, J. E LOMBARDI NETO, F. *Conservação do solo*. São Paulo: Editora Ícone, 2008.

BOYOUÇOS, G. J. The clay ratio as a criterion of susceptibility of soils to erosion. *Journal of the*

American Society of Agronomy, n.27, 1935. pp.738-741.

BROWNING, G. M.; PARISH, C.L. E GLASS, J.A. A method for determining the use and limitation of rotation and conservation practices in control of soil erosion in Iowa. *J. Amer. Soc. Agron.*, n.39, 1947. pp.65-73.

CAR. COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO E AÇÃO REGIONAL (BA). *Programa de Desenvolvimento Regional Sustentável: PDRS Serra Geral*, 2012. Disponível em: http://www.car.ba.gov.br/uploads/publicacoes_31.pdf. Acesso em 18 maio 2012.

CPRM. Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais. *Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo*, 2004. CD Folha SD.23/Brasília - SIG, CPRM, Serviço Geológico do Brasil.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Centro Nacional de Pesquisa de Solos). *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1999.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2008. http://www.relevobr.cnpem.embrapa.br/ba/ht3/ba06_03.htm Acesso em 10/08/2008

LOMBARDI NETO, F.; MOLDENHAUER, W. C. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com as perdas de solo em Campinas (SP). *Bragantia*, v.51, n.2, 1992. pp.189-196.

MITCHELL, J. K. E BUBENZER, G. D. Soil loss estimation. In.: KIRBY, M. J. E MORGAN, R. P. C. (Ed.) *Soil erosion*. Chichester: John Wiley e Sons, 1980. pp.17-62.

SILVA, A. M.; RODRIGUES, B. B.; MARQUES, M. A. *Erosividade Brasil*. 2005. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. 2005. <http://www.sorocaba.unesp.br/professor/amsilva/>. Acesso em 20 out. 2009.

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

TASSO, M. A. L. *Caracterização dos Sedimentos Superficiais e Avaliação Ambiental da Serra de Monte Alto entre os Municípios de Palmas de Monte Alto e Sebastião Laranjeiras, BA*. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista "Júlio Mesquita Filho", Rio Claro/SP, 2012.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. *Predicting rainfall erosion losses: a guide planning*. Washington: USDA, 1978.

ZINGG, A. W. *The intensity-frequency of Kansas winds*. U. S. Dept. Agric. SCS - TP - 88.