



## ESTIMATIVA DE PERDA DE SOLO NO BAIXO SÃO FRANCISCO SERGIPANO

### *Prediction of soil loss in the lower são francisco river in sergipe state*

Marks Melo Moura<sup>1</sup>; Cátia dos Santos Fontes<sup>2</sup>; Maria Hosana dos Santos<sup>3</sup>; Renisson Neponuceno de Araujo Filho<sup>4</sup>; Francisco Sandro Rodrigues Holanda<sup>5\*</sup>

<sup>1</sup> Engenheiro Florestal; Departamento de Engenharia Agrônômica; Universidade Federal de Sergipe (UFS); e-mail [marksmoura@yahoo.com.br](mailto:marksmoura@yahoo.com.br)

<sup>2</sup> Doutora em Geografia; Departamento de Engenharia Agrônômica; Universidade Federal de Sergipe (UFS); e-mail [catiafjav@hotmail.com](mailto:catiafjav@hotmail.com)

<sup>3</sup> Mestre em agricultura e biodiversidade; Departamento de Engenharia Agrônômica; Universidade Federal de Sergipe (UFS); e-mail [hosana\\_bio@hotmail.com](mailto:hosana_bio@hotmail.com)

<sup>4</sup> Pos Doutorando; Departamento de Energia Nuclear; Universidade Federal de Pernambuco (UFPE); e-mail [nepoaraujo@gmail.com](mailto:nepoaraujo@gmail.com)

<sup>5</sup> Professor Titular; Departamento de Engenharia Agrônômica; Universidade Federal de Sergipe (UFS); e-mail [fhlanda@infonet.com.br](mailto:fhlanda@infonet.com.br) (\*AUTOR PARA CORRESPONDÊNCIA)

Artigo enviado em 12/01/2017, aceito em 26/04/2017 e publicado em 07/07/2017.

**RESUMO:** A predição de eventos erosivos é de grande importância nas terras do Baixo São Francisco-BSF, que apresentapráticas de manejo inadequado vem provocando degradação das áreas cultivadas e matas ciliares com consequente avanço de processos erosivos nas margens do rio. A Equação Universal de Perda de Solos (EUPS) é um modelo queutiliza dados pluviométricos, tipos de solos, declividade do terreno e uso do solo, para estimar a quantidade de solo perdida em uma determinada área. O objetivo desse trabalho foi estimar e avaliar as perdas de solo no Baixo São Francisco sergipano. O BSF ocupa uma área de 3.201.300 ha, se iniciando em Paulo Afonso-BA, com sua foz entre Piaçabuçu-AL e Brejo Grande-SE. O trecho no estado de Sergipe ocupa uma área de 738.754ha, onde foi estimada a perda de solos. Nas áreas de pastagem, que ocupam 76% do BSF, foram encontrados valores que variaram de 0 a 0,33 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de perda de solo. Somente 0,1% da área estudada apresentou alto risco de erosão, justificado pela predominância de áreas com ocorrência de baixa erosividade, associada à uma cobertura do solo mais conservacionista como as pastagens. A baixa expressividade das perdas de solo se mostra resultante da combinação de vários fatores, com ênfase na baixa erosividade.

Palavras-Chave – Erosão, EUPS, SIG

**Abstract** –The prediction of erosive events have this great importance in the lands of lower São Francisco-LSF, where practices of inadequate management have led to degradation of cultivated areas and riparian forests, with consequent advance of erosive processes along the river banks. The Universal Soil Loss Equation (USLE) is a model that uses pluviometric data, soil types, land slope and land use, to calculate how much soil loss in a given area in a year. The objective of this work was to estimate and to evaluate the soil losses in the Lower São Francisco of Sergipe state. The LSF occupies an area of 3,201,300 ha, from Paulo Afonso-BA, to the mouth of the river between Piaçabuçu-AL and Brejo Grande-SE. The stretch in the state of Sergipe occupies an area around 738.754ha, where soil loss was calculated using ArcGis 9.0 software. The pasture areas are predominant in the Basin, occupying more than half of the LSF (76.26%), values ranging from 0 to 0.33 t ha<sup>-1</sup> year <sup>-1</sup> of soil loss.Only 0.1% of the studied area presented a high risk of erosion, justified by the predominance of areas with low erosivity, associated to a more conservationist soil cover mostly by pastures.The low expressiveness of soil losses is shown by the combination of several factors, with emphasis on low erosivity.

**Keywords** – Erosion, USLE, GIS

## INTRODUÇÃO

O solo é um recurso importante não só como suporte para culturas agrícolas e florestas, mas também promove de maneira direta ou indireta a manutenção do equilíbrio biológico e ecológico de determinada área ou região. Ações antrópicas ou naturais podem afetar negativamente este recurso, uma delas é a erosão que ocorre em três fases, a desagregação do solo, o transporte desse material efetuado pelos agentes erosivos e a terceira fase corresponde a deposição do material transportado, só ocorrendo na ausência de energia suficiente para dar continuidade ao transporte (GUERRA, 1994). Nas regiões tropicais, o principal fator erosivo são as precipitações pluviométricas, pois concentram grandes volumes, com eventos de alta intensidade, sazonalidade, potencializando seu poder erosivo (GUERRA et al. 2017).

As consequências dos processos erosivos são numerosas e destacam-se a curto prazo em perdas de solos férteis e seu impacto na agricultura, e a longo prazo no assoreamento dos cursos d'água ou reservatórios (ISSA et al., 2014). Segundo Magyari-Sáska (2008) o processo de erosão do solo produz efeitos nocivos em um tempo relativamente curto em relação ao tempo de recuperação, sendo assim muito importante identificar as vulnerabilidades, para a implementação de medidas preventivas.

Existem vários métodos para estimar a erosão hídrica do solo (WEPP, PISA, SHETRAN, USLE, etc.). Alguns deles estudam a erosão em canais de escoamento, enquanto outros na totalidade da superfície (VIECELI et al., 2015). Um dos métodos mais frequentemente utilizados é a Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS) (WISCHMEIER & SMITH, 1978), e as outras versões delas. A EUPS é um modelo empírico muito utilizado em planejamentos conservacionistas, pela sua simplicidade e facilidade na aquisição dos dados.

Vários fatores influenciam nos processos erosivos, sendo os fatores topográficos declividade e comprimento de rampa, os índices de precipitação, a cobertura vegetal e a erodibilidade do solo, os principais fatores. Segundo Magyari-Sáska (2008) a EUPS utiliza estes fatores para estimativa de perda de solo em determinada área, onde a mensuração dos processos erosivos é dificultada pelo tamanho da área, sendo inviável sua mensuração manual. Outro fator primordial são as alterações hidrológicas causadas pela sucessão de barragens, utilizadas para geração de energia, que regulam a vazão, diminuindo ou aumentando de acordo com os níveis do reservatório. Segundo Aguiar Netto; Costa e Oliveira (2016) a regulação da vazão causa consequências econômicas para a população ribeirinha e para a economia sergipana, sobretudo por acarretar problemas sociais, dentre os quais, os relacionados à pesca, à erosão marginal e causando prejuízos até mesmo nos perímetros irrigados, com perda de terras agricultáveis.

Segundo Kumar; Devi e Deshmukh (2014) a magnitude da erosão superficial e produção de sedimentos variam espacialmente em uma bacia hidrográfica, devido às variações das chuvas e heterogeneidade das áreas de captação. Desenvolvimentos recentes em Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas (SIG) têm aperfeiçoado a capacidade de lidar com grande número e heterogeneidade de dados que descrevem a superfície da área ou região estudada. Juntas essas ferramentas tem fornecido meios para identificar os fatores físicos que controlam o processo de erosão do solo e saída de sedimentos de bacias hidrográficas (VALLADARES et al., 2012).

O Baixo São Francisco (BSF) teve seu fluxo hidrossedimentológico modificado pela construção de grandes reservatórios de água, utilizados para geração de energia, resultando na regularização da vazão, retenção de sedimentos nas barragens, redução nas descargas de sedimentos nos exutórios, controle de enchentes, degradação da vegetação ciliar, erosão marginal, recuo da margem e perda de área agricultável (ARAÚJO FILHO et al, 2013), esses elementos associados com as condições de relevo, condições climáticas e falta de planejamentos conservacionistas promovem a aceleração dos processos erosivos.

O objetivo desse trabalho foi estimar e avaliar as perdas de solo no Baixo São Francisco sergipano.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Caracterização da área de estudo

A região do Baixo São Francisco encontra-se localizada entre as coordenadas geográficas de 8° e 11° de latitude sul e 36° e 39° de longitude oeste, constituindo-se na porção mais oriental da bacia, ocupando uma extensão territorial de 30.377 km<sup>2</sup> (CBHSF, 2016).

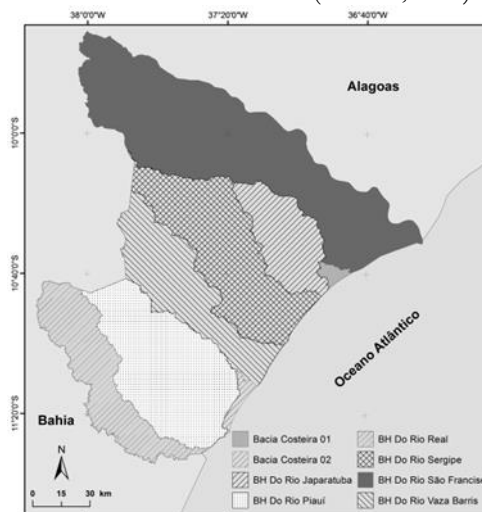


Figura 1- Localização do Baixo São Francisco sergipano (CBHSF, 2009).

O Baixo São Francisco (BSF) corresponde a 5,1% do total da área da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco e tem início em Paulo Afonso-BA, com sua foz no Oceano Atlântico entre Piaçabuçu-AL e Brejo Grande-SE. O Baixo São Francisco Sergipano abrange 738.754 ha o que corresponde à 1,2% da área da Bacia e inclui em sua área 28 municípios (SEPLAN, 2015).

No BSF as atividades antrópicas são bastante intensas, até como consequência histórica da ocupação territorial da faixa litorânea. O aumento da urbanização aliado com a falta de manejo e conservação dos solos é um agravante na condição atual das margens do Rio São Francisco Sergipano.

Quanto a geologia predominam no Baixo São Francisco os terrenos do Neoproterozóico (46%) que pertence a unidade mais representativa da região com presença de xistos aluminosos, micaxistos, quartzitos, metagrauvaques, metarrilitos e rochas calciclásticas. As principais unidades geológicas aflorantes são do complexo Belém do São Francisco (16%), Macurué (13%) e Grupo Barreiras (8%) (CPRM, 2003). A Geomorfologia da área é caracterizada pela ocorrência, de leste para oeste, de três Domínios morfoestruturais em três unidades geomorfológicas: Depósitos sedimentares e estende-se por áreas marginais do Rio São Francisco e pelos litorais dos estados de Sergipe e Alagoas; Remanescentes das Raízes de Dobramentos, situado na porção central do Baixo São Francisco, aproximadamente entre as cidades de Porto da Folha e Propriá (SE); Maciços Remobilizados que ocupam a maior área do Baixo São Francisco, estendendo-se de Porto da Folha até Paulo Afonso (CODEVASF, 2002).

Segundo os dados da Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE, 2014) as principais unidades de relevo no Baixo São Francisco são: depressões do Baixo São Francisco (59%), Tabuleiros dos rios Real/Vaza-Barris (18%), Planalto da Borborema (8%), Tabuleiros Costeiros (8%), Planícies Marinhas (3%), Tabuleiros de Tonã/Jatobá (2%) e corpos de águas (3%) (ANA/GEF/PNUMA/OEA, 2015).

No Baixo São Francisco, os tipos de solos com maior representatividade são os Planossolos (41,5%), os Neossolos (32,5%) e os Argissolos (13,3%) (EMBRAPA, 2013).

A parte sedimentar do Baixo São Francisco segundo a classificação de Köppené Am (Megathermic húmido e subhumid), com temperatura média anual de 25 °C, sendo dezembro o mês mais quente (26-27 °C) e Junho o mês mais frio (cerca de 23 °C). No trecho cristalino é megatérmico semi-árido brando, com temperatura média anual de 26 °C e período chuvoso compreendendo os meses de março a agosto, com precipitação média anual de 806,1 mm/ano (SEPLAN, 2007).

## Aplicação da EUPS – Equação Universal de Perda de Solo

Na área em estudo foi estimada a perda de solos utilizando o *software* ArcGis 9.0 como ferramenta para entrada e análise dos dados. Apesar de suas limitações a EUPS continua sofrendo atualizações e modificações, sendo um valioso instrumento para a conservação do solo (BERTONI e LOMBARDI NETO, 1990). A Equação Universal de Perda de Solo é dada pela expressão:

$$A = R \times K \times LS \times C \times P \quad \text{Eq.1}$$

Onde: A = perdas de solo (t/ha.ano); R = erosividade das chuvas (MJ/ha).(mm/h); K = Erodibilidade do solo (t.ha.h /MJ.mm); LS = fator de declividade e comprimento da rampa (Adimensional); C = fator cobertura; e P = fator práticas conservacionistas (Adimensional).

## Cálculo do fator R - Erosividade

Para este cálculo foi utilizada a Equação 2, proposta por SUDENE (1985) para a região Nordeste, utilizando como base o trabalho de Bertoni e Lombardi Neto (1990) para determinação de um valor médio do índice de erosividade por meio da relação entre a média mensal e a média anual de precipitação.

$$EI = 89.823 \times \left(\frac{r}{R}\right)^{0,759} \quad \text{Eq.2}$$

Onde: EI = média mensal do índice de erosividade (MJ.mm/ha/h); r = média mensal de precipitação (mm); P = média anual de precipitação (mm).

Foram coletados dados entre os anos 1990 e 2013 em 13 estações pluviométricas, sendo 11 instaladas nos municípios sergipanos (Aquidabã, Brejo Grande, Canindé do São Francisco, Japarutuba, Monte Alegre, Neópolis, Pacatuba, Pirambu, Poço Redondo, Propriá e Porto da Folha), uma no município baiano de Paulo Afonso e outra em Penedo município do estado de Alagoas. Inicialmente foi calculado o EI utilizando a Equação 2. A partir do somatório do EI de todos os meses foi obtido o fator R para cada estação da bacia, como mostra a Equação 3.

$$R = \sum EI \quad \text{Eq.3}$$

A classificação da erosividade foi orientada pela Tabela 1 utilizada por Carvalho (2008).

**Tabela 1 - Classificação da erosividade tomando como referência o fator R (CARVALHO, 2008).**

Erosividade	fator R (Mg.mm/ ha.h.ano)
Fraca	R < 250
Moderada	250 < R < 500
Moderada a forte	500 < R < 750
Forte	750 < R < 1000
Muito forte	R > 1000

Com os dados do fator R associados a cada estação, foi possível estimar esse fator para toda área, utilizando o método da Krigagem da ferramenta *Geostatistical Analyst*, esse método permite criar superfícies a partir de medições de dados obtidos através da amostragem da erosividade nas estações.

### Cálculo do fator K - Erodibilidade

Os dados do fator K foram obtidos através de revisão de literatura, na qual foi baseada no Levantamento Exploratório e Reconhecimento de solos do Estado de Sergipe com Escala 1:400.000. Após a atualização das nomenclaturas de acordo com o novo sistema de classificação de solos da EMBRAPA (2013), foram atribuídos os valores correspondentes para cada classe como demonstrado na Tabela 2.

**Tabela 2 - Fatores de Erodibilidade para cada classe solo.**

Classes de Solo	fator K	Fonte
Argissolo Vermelho-Amarelo	0,004	Silva <i>et al.</i> , 2007
Espodosolo	0,03	Mannigel <i>et al.</i> , 2002
Gleissolo	0,038	Silva <i>et al.</i> , 2007
Luvissolo	0,03	Baptista, 1997
Neossolo Flúvico	0,042	Silva <i>et al.</i> , 2007
Neossolo Lítico	0,04	Silva <i>et al.</i> , 2007
Neossolo Quartzarênico	0,032	Silva, 2004
Neossolo Regolítico	0,041	Silva <i>et al.</i> , 2007
Planossolo	0,02025	Mannigel <i>et al.</i> , 2002
Solos Indiscriminados de Mangue	0,07	Pimenta, 1998

### Cálculo do fator LS – Declividade e Comprimento da Rampa

O fator LS foi calculado utilizando um Modelo Digital de Elevação (MDE) obtido através do mosaico de imagens *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) do ano 2012 com resolução espacial de 30 metros. As imagens foram adquiridas gratuitamente no site do Serviço Geológico Americano (USGS, 2014). Inicialmente foi recortada a região estudada, o Baixo São Francisco.

Para o cálculo do fator LS utilizou-se a metodologia proposta pelo *GIS Assessment Service*, que

obtem os valores do fator comprimento de rampa (L) e em seguida relaciona com o mapa de declividade (fator S), através da Equação 4 (FAIRFIELD e LEYMARIE, 1991; MOORE e WILSON, 1992).

$$LS = \left(\frac{c}{22,13}\right)^{0,6} \times \left(\frac{\text{Sen}(D)}{0,09}\right)^{1,3} \text{ Eq.4}$$

Onde: LS – fator Topográfico (°); C – Tamanho do Pixel (m); D – Declive (°).

### Cálculo do fator CP – Uso da terra e práticas conservacionistas

Para obtenção do fator CP foi necessário verificar os usos do solo no BSF sergipano, e para isso utilizou-se dados de revisões bibliográficas e da Superintendência de Recursos Hídricos de Sergipe (SERGIPE, 2012). Para cada uso e ocupação do solo foi atribuído um valor de literatura obtido em trabalhos similares de perda de solo. Estes dados foram classificados e cada uso teve um valor CP específico para o uso do solo como mostra a Tabela 3.

**Tabela 3 - Usos do solo da Bacia e seu respectivo Fator CP.**

Usos do Solo	fator CP	Fonte
Área Degradada	0,1	Paranhas Filho <i>et al.</i> (2003)
Área EMBREJADA	0	Paranhas Filho <i>et al.</i> (2003)
Área Industrial	0	Paranhas Filho <i>et al.</i> (2003)
Caatinga	0,0167	Santos <i>et al.</i> (2014)
Corpos D'água	0	Paranhas Filho <i>et al.</i> (2003)
Cultivos Agrícolas/ Solos expostos	1	Farinasso <i>et al.</i> (2006)
Dunas/ Areial	1	Ribeiro (2006)
Floresta Nativa	0,001	Paranhas Filho <i>et al.</i> (2003)
Manguezal	0,0001	Ribeiro (2006)
Mata Ciliar	0,016	Silva <i>et al.</i> (2007)
Pastagem	0,055	Valle Júnior <i>et al.</i> (2010)
Povoados/Distritos/Sedes	0	Paranhas Filho <i>et al.</i> (2003)
Restinga	0,01	Stein <i>et al.</i> (1987)

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As informações geradas sobre cada um dos fatores que compõem a EUPS, com seus dados equivalentes são apresentadas individualmente, a partir do processamento dos dados levantados de fontes diversas e que resultam no cálculo estimado de perda de solo para cada um dos ambientes considerados do Baixo São Francisco Sergipano (BSF).

### Fator R (Erosividade)

O maior valor de erosividade (R) estimado foi apresentado pelo município de Pirambu, situado no litoral, com 7227.391 Mg.mm/ha.h.ano, que apresentou média de pluviosidade de 1455 mm, mostrando que em situações de alta pluviosidade são registrados maiores valores de erosividade. Vale destacar que o município de Pirambu apresenta regime hídrico caracterizado pela presença de Floresta Tropical subperenifolia. No município de Canindé do São Francisco, situado na região semi-árido minada por caatinga hiperxerófila, apresenta média anual de 457,81mm de precipitação, apresentou o menor fator R entre as estações avaliadas com valor de 2704.61Mg.mm/ha.h.ano, demonstrando que baixos índices pluviométricos ocasionam baixos valores de R.

A erosividade classificada como fraca representou 9,09%, do total do BSF sergipano, moderada com 36,36% e moderada a forte com 54,54%. Sabe-se que somente os dados de erosividade não são suficientes para diagnosticar vulnerabilidade de uma determinada área aos processos erosivos. Então, faz-se necessário uma análise de outros fatores de forma conjunta para melhor diagnóstico da área.

Confrontando a localização espacial das estações e as isoietas com as médias históricas de precipitação no BSF, percebe-se que as isoietas com maiores valores foram as mais próximas ao litoral. A espacialização do fator R, calculado a partir das isoietas, permitiu a identificação dos maiores valores de R na região da foz do Rio São Francisco, Município de Brejo Grande, onde predomina o ecossistema de restinga e os menores valores na região onde se encontram os municípios de Poço Redondo e Porto da Folha, caracterizados pela forte presença de caatinga hiperxerófila, em áreas caracterizadas como parte do sertão semiárido (Figura 2).

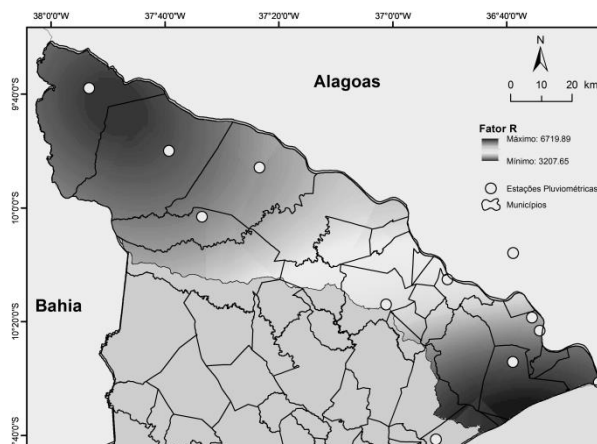


Figura 2 - Variação do fator R, utilizando o método da Krigagem (Geoestatística) no Baixo São Francisco sergipano.

### Fator K (Erodibilidade)

Considerando que a erodibilidade se define como o efeito integrado de processos que regulam a chuva no momento que encontra o solo e a sua respectiva resistência no que tange a desagregação de partículas e consequentemente movimentos destas, indicando o grau de suscetibilidade a erosão em relação às propriedades inerentes ao solo (ARRAES et al., 2010), fez-se necessário a verificação das classes de solos dominantes na área para melhor instrução dessa variável. Vale destacar que foram identificadas 12 classes de solos no Baixo São Francisco, com predomínio do Neossolo Litólico, ocupando 30,7% do BSF. No entanto, somados os percentuais das quatro classes de Neossolos (Flúvico, Litólico, Quartzarênico e Regolítico) obtêm-se 48,86% de ocupação no BSF, seguido do Argissolo com 27,13%. Com menor porcentagem ocorrem os solos indiscriminados de mangue que ocupam somente 0,6% do total do BSF, nas áreas restritas à região estuarina do Rio São Francisco (Figura 3).

Observou-se que há predominância de solos com fator de maior erodibilidade (0,03 a 0,045t.ha.h/ha.MJ.mm) associados a classe dos Neossolos, tanto Litólicos quanto Quartzarênicos e Regolíticos, que ocupam a maior parte da área do BSF. Os Neossolos Litólicos são solos rasos com menos de 20 cm de espessura, pois são solos em via de formação, ou com baixo grau de intemperismo.

Os solos indiscriminados de mangue são caracterizados como solos halomórficos muito pouco desenvolvidos escuros e com alto teor de sais provenientes da água do mar, formados em ambientes de mangues a partir de sedimentos flúvio-marinhos recentes misturados com detritos orgânicos, de natureza e granulometria variada (EMBRAPA, 2013), eles ocupam uma pequena parcela do Baixo São Francisco sergipano, porém estão inseridos na classe com maiores valores (> 0,06t.ha.h/ha.MJ.mm) ocupando 0,06% da área total do BSF, assim são classificados pela sua vulnerabilidade causada pela não ocorrência de agregação desses solos se apresentando bastante dispersos em face da sua reconhecida salinidade gerando carreamento de sedimentos.

Os Planossolos, que ocupam 9,92% da Baía, possuem o menor fator K com apenas 0,02025t.ha.h/ha.MJ.mm, essa classe de solo ocorre preferencialmente em áreas de relevo plano ou suave ondulado, sendo solos minerais imperfeitamente ou mal drenados.

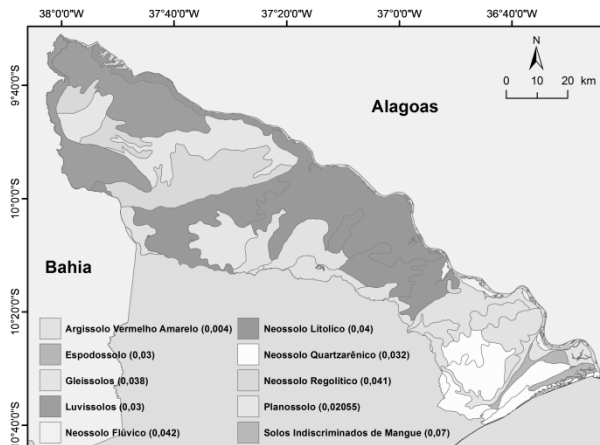


Figura3 - Classes de solos existentes no Baixo São Francisco sergipano e seus respectivos fatores K.

### Fator LS (fator de Declividade e Comprimento da Rampa)

A área do BSF sergipano possui a predominância do relevo classificado como plano com 60,48% da sua cobertura total (Figura 4), seguido do Suave ondulado com 33,62% e 0,18% com relevo Forte ondulado.

O fator LS exerce influência importante no processo erosivo, mas não sendo o principal agente causador da erosão no BSF. O grau de declive e o comprimento da encosta influenciam na velocidade de escoamento superficial, favorecendo a erosão em termos de tamanho e quantidade de material transportado (SILVA et al, 2015).

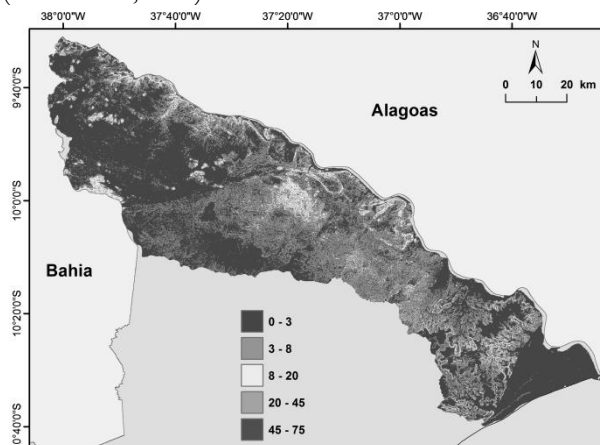


Figura 4 - Classificação das declividades (%) no Baixo São Francisco sergipano.

Os valores de LS (0,389 a 0,932) se concentram nas regiões onde o relevo possui maiores inclinações, e nas áreas onde foi classificado como relevo plano obteve-se valores de LS entre 0 e 0,03304 (Figura 5).

Maiores declividades associadas com classes de solos com maior vulnerabilidade e maiores índices de

pluviosidade potencializaram a ocorrência de eventos erosivos, causando elevado desprendimento de partículas de solo, onde observa-se maiores valores de LS. Quando se provoca uma relação como uso e ocupação do solo, constata-se que nessas áreas há presença de Floresta estacional ou Caatinga arbustiva. As pastagens estão inseridas em áreas com menores valores para o fator LS.

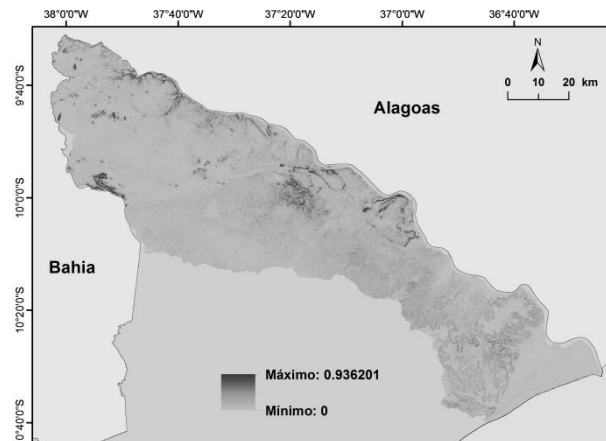


Figura5 - Distribuição fatorLS no Baixo São Francisco.

### Fator CP (fator de Práticas Conservacionistas)

Em mapas do BSF sergipano são apresentados os seus usos e ocupações e o fator CP, sendo que a maior parte dos valores calculados para este fator está inserida dentro da faixa que vai de 0,0549 a 0,098. Quanto mais os valores se aproximarem de 1, isto pode ser interpretado como pouco ou nenhum cuidado no manejo e conservação do solo. Vale destacar que embora não apresente uma relação direta com o fator CP as áreas com valores iguais a zero, sofrem também pouca influência das chuvas, como corpos d'água, e áreas construídas (Figuras 6 e 7).

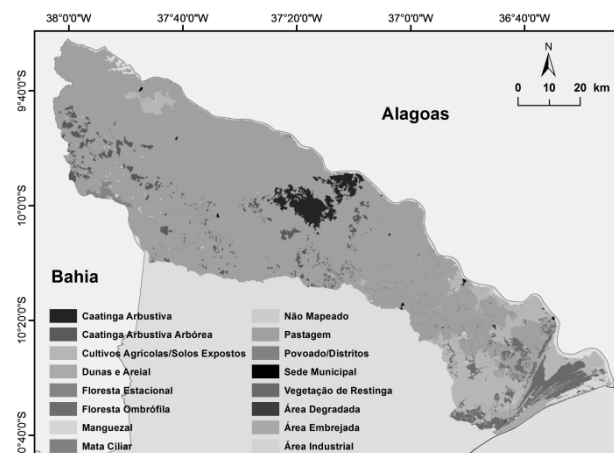
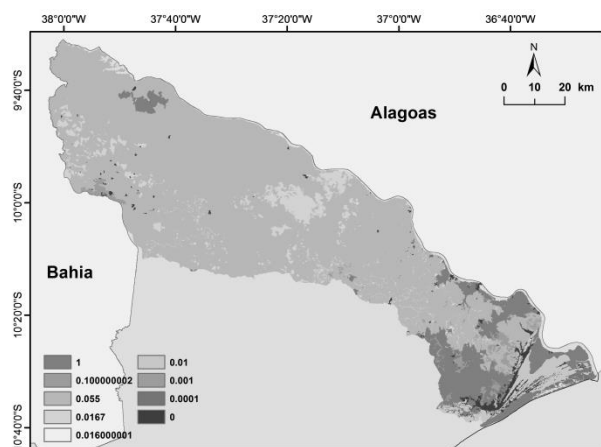


Figura6 - Uso e Ocupação do solo no Baixo São Francisco sergipano.

As áreas onde foram identificados os maiores valores de CP estão associados a trechos com solos expostos, cultivos agrícolas e pastagens e os menores valores estão associados com as Florestas e Caatinga. Foi visto que é bastante expressivo o uso dos solos com as pastagens no BSF sergipano com valor de 0,055, abrangendo aproximadamente 76% da área.

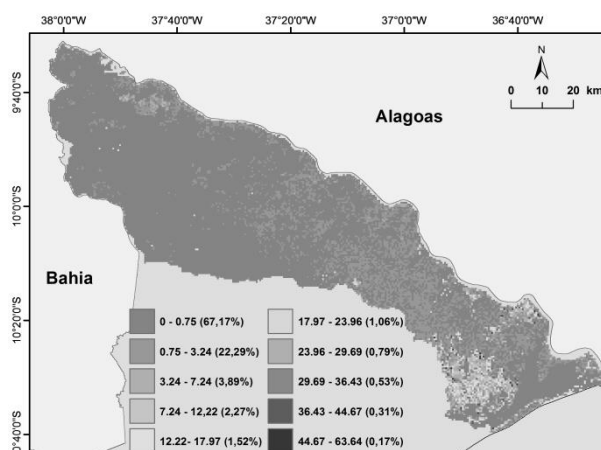


**Figura 7 - Distribuição do fator CP no Baixo São Francisco sergipano.**

Vale ratificar que o fator CP aqui vem avaliado tomando como base o uso e ocupação do solo, uma vez que não foram identificadas práticas conservacionistas desde as mais simples como o cultivo em nível, plantio em contorno, cordões de vegetação permanente, ou mesmo terraceamento.

### A (Perda de solo)

Quanto a perda de solo observou-se uma amplitude de dados que variou de 0 até 63,64 t/ha.ano de estimativa de perda de solo (Figura 8). Em 67,17% da área estudada os menores valores de perda do solo variaram de 0 a 0,75 t/ha.ano, e os maiores valores encontrados (44,67 a 63,64 t/ha.ano) abrangem uma área de aproximadamente 0,17% do BSF sergipano. Áreas degradadas, solos expostos e áreas com maiores comprimentos de rampa e declividades estão associados as maiores perdas de solo corroborando com dados encontrados por Valladares (2012).



**Figura 8 - Distribuição da estimativa de perda de solo (t/ha.ano).**

Nas áreas de pastagem, predominantes no BSF, foram encontrados valores que variaram de 0 a 0,75 t/ha.ano. Os dados nulos (fator A = 0 t/ha.ano) estão associados a corpos d'água ou áreas não mapeadas onde atribui-se o valor zero ao fator CP.

A predominância de áreas com menores perdas de solo, como mostrado na Figura 8 se justifica em parte, pela predominância de áreas com ocorrência de baixa erosividade, associada à uma maior cobertura do solo como as pastagens, onde Gurgel et. al. (2011) encontraram valores semelhantes em seu trabalho no município de Riachão das Neves - BA.

Uma consequência marcante nas mudanças no uso do solo advém da ocupação antrópica, principalmente com atividades agrícolas. Silva et. al. (2007), encontraram índices de perdas médias de solo para áreas de mata nativa de 0,39 t/ha.ano e após a mudança no uso para pastagem foi feito o cálculo de perda de solo, onde foi encontrado o valor de 3,86 t/ha.ano.

Ademais, os possíveis efeitos de um manejo intensivo das terras na vulnerabilidade à erosão, também não são tão notados uma vez que também não são muito grandes as áreas destinadas à produção de grãos no BSF, quando a mecanização promove mais fortemente a desestruturação dos solos.

### CONCLUSÕES

Os dados demonstram perda de solo pouco expressivas em todo o BSF, às vezes creditado às baixas pluviosidades, outras aos declives não fortes, ou até mesmo a associação desses fatores com a uso e ocupação do solo, mesmo em cultivos agrícolas, geralmente realizados de formas menos intensas.

A baixa expressividade das perdas de solo se mostra resultante da combinação de vários fatores, com ênfase na baixa erosividade considerada fraca em quase 50% de toda área, bastante associada à uma maior cobertura do solo com pastagens.

A maior erodibilidade se mostrou mais expressiva nas áreas dominadas por Neossolos (Litológicos, Quartzarênicos ou Regolíticos), com ênfase aos Neossolos litológicos que ocupam expressivas faixas do ecossistema Caatinga.

A utilização da EUPS se mostrou viável na avaliação da susceptibilidade às perdas de solo, permitindo uma avaliação da contribuição individual de cada fator considerado na equação.

## REFERÊNCIAS

AGUIAR NETTO, A. O.; COSTA, P. R. S. M.; OLIVEIRA, H. U. Knowledge and power in the São Francisco river basin committee. *Revista Tempos e Espaços em Educação*, v. 9, p. 25-38, 2016.

ANA/GEF/PNUMA/OEA, ANA – Agência Nacional de Águas; GEF – Fundo Mundial para o Meio Ambiente; PNUMA – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente; OEA – Organização dos Estados Americanos. Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco para 2016 - 2025: Diagnóstico da Dimensão Técnica e Institucional. RP1A. Volume 2 – Caracterização da Bacia Hidrográfica – 2ª parte, Revi. Salvador, 2015.

ARRAES, C.L.; BUENO, C.R.P.; PISSARRA, T.C.T. Estimativa da erodibilidade do solo para fins Conservacionistas na microbacia córrego do Tijuco, SP. *Bioscience Journal*, v. 26, n. 6, p. 849-857, 2010.

ARAÚJO FILHO, R. N.; HOLANDA, F. S. R.; ANDRADE, K. R. Implantação de técnicas de bioengenharia de solos no controle da erosão no baixo São Francisco, estado de Sergipe. *Scientia plena*. v. 9, n. 7, 2013.

BAPTISTA, G.M.M. Diagnóstico ambiental da Perda Laminar de solos por meio do geoprocessamento. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, p.112, 1997.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. *Conservação do Solo*. São Paulo: Editor Ícone, 1990, p.335

BORGES, K. M. R.; CARVALHO JÚNIOR, O. A.; MARTINS, E. S.; GOMES, R. A. T.; GUIMARÃES, R. F. Vulnerabilidade natural: a perda de solo da bacia do rio Carinhanha (MG/BA) usando uma abordagem qualitativa da equação universal de perda de solos. *Geographia*, v. 14, n. 27, p. 101-125, 2013.

CARVALHO, N. O. *Hidrossedimentologia Prática*. 2ª ed. rev. e ampliada, Rio de Janeiro: Interciência, 2008.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO SÃO FRANCISCO – CBHSF. *A bacia hidrográfica do São Francisco*. Disponível em: <[www.saofrancisco.cbh.gov.br](http://www.saofrancisco.cbh.gov.br)>. Acesso em 22 dez 2016.

CODEVASF – Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba. Mapeamento temático de uso da terra no Baixo São Francisco. Brasília/DF, 2002.

CPRM, Serviço Geológico do Brasil. Geobank. 2003. Disponível em: <<http://geobank.cprm.gov.br>>. Acesso em 17 mai 2015.

EMBRAPA, *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Rio de Janeiro, 2013. p.306.

FAIRFIELD, J.; LEYMARIE, P. Drainage networks from grid digital elevation models. *Water Resources Research*, v.27, n.5, p.709-717, 1991.

FARINASSO, M.; CARVALHO JÚNIOR, O. A.; GUIMARÃES, R. F.; GOMES, R. A. T.; RAMOS, V. M. Avaliação qualitativa do potencial de erosão laminar em grandes áreas por meio da Eups utilizando novas metodologias em sig para os cálculos dos seus fatores na região do Alto Parnaíba-Pi-MA. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, n.2, p.73-85, 2006.

GUERRA, A. J. T.; FULLEN, M. A.; JORGE, M. C. O.; BEZERRA, J. F. R.; SHOKR, M. S. Slope Processes, Mass Movement and Soil Erosion: A Review. *Pedosphere*, v. 27, p. 27-41, 2017.

GURGEL, R. S., CARVALHO JUNIOR O. A., GOMES R. A. T., GUIMARÃES R. F., CÂMARA J. F. A., ARAÚJO SOBRINHO D., MARTINS E. S., BRAGA A. R. S. Identificação das áreas vulneráveis à erosão a partir do emprego da EUPS – equação universal de perdas de solos no município de Riachão das Neves – BA. *Geografia Ensino & Pesquisa*, v. 15, n.3, 2011

GUERRA, A. J. T. *Processos erosivos nas encostas*. In: GUERRA, Antônio Jose Teixeira. CUNHA, Sandra Baptista da. (org.) *Geomorfologia uma atualização de bases e conceitos*. 10 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994.

INDE – Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais. Portal do INDE. Disponível em: <<http://visualizador.inde.gov.br>>. Acesso em 11 abr. 2014.



- ISSA, L. K.; RAISSOUNI, A.; MOUSSADEK, R.; ARRIM, A. EL. Mapping and Assessment of Water Erosion in the Khmiss Watershed (North Western Rif, Morocco), *Journal of Current Advances in Environmental Sciences*, v. 2, n. 4, p. 119–130, 2014.
- KUMAR, A.; DEVI, M.; DESHMUKH, B. Integrated remote sensing and geographic information system based RUSLE modelling for estimation of soil loss in western Himalaya, India. *Water resources management*, v. 28, n. 10, p. 3307-3317, 2014.
- MAGYARI-SÁSKA, Z. HAIDU, I. Study on soil erosion in the Upper Mureş Basin. *Geographia Technica*, v. 2, 61-67, 2008.
- MANNIGEL, A. R.; CARVALHO, M. D. P. E.; MORETI, D.; MEDEIROS, L. D. R. Fator erodibilidade e tolerância de perda dos solos do Estado de São Paulo. *Acta Scientiarum*, v. 24, n. 1, p. 1335–1340, 2002.
- MOORE, I. D.; WILSON, J. P. Length slope factor for the Revised Universal Soil Loss equation: simplified method of solution. *Soil Water Conservation Society*, v. 47, n. 5, 423-428, 1992.
- PARANHOS FILHO, A.C.; FIORI, A. P.; DISPERATI L.; LUCCHESI, C.; CIALI, A.; LASTÓRIA, G. Avaliação multitemporal das perdas de solos na bacia do rio Taquarizinho-MS. *Paranaense Bull Geosciences*. v. 52, p. 49-59, 2003.
- PIMENTA, M. T. Caracterização da erodibilidade dos solos a sul do rio Tejo. p. 18, 1998.
- RIBEIRO, L. S. *Quantificação de perda de solo por erosão no município de Campos dos Goytacazes/RJ através de técnicas de geoprocessamento*. (Dissertação de mestrado), Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy, Campos dos Goytacazes – RJ. Fevereiro – 2006.
- SANTOS, J.C.N.; ANDRADE, E.M.; MEDEIROS, P.H.A.; NETO, J.R.A.; PALÁCIO, H.A.Q.; RODRIGUES, R.N. Determinação do fator de cobertura e dos coeficientes da MUSLE em microbacias no semiárido brasileiro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.18, n.11, p. 1157-1164, 2014.
- SEPLAN, Secretaria de Estado do Planejamento. *Plano de Desenvolvimento Territorial Participativo de Sergipe (PDTP)*. Disponível em: <[http://www.se.gov.br/userfiles/arquivos/192/caderno\\_especial\\_1\\_etapa\\_e\\_mapa\\_territrios.pdf](http://www.se.gov.br/userfiles/arquivos/192/caderno_especial_1_etapa_e_mapa_territrios.pdf)> Acesso em 10 nov. 2015.
- SERGIPE (Estado). Superintendência de Recursos Hídricos. *Atlas Digital sobre Recursos Hídricos de Sergipe*. Aracaju: SENPLAN/TEC, 2012. CD-ROM.
- SUDENE - Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste. *Mapa de erosividade do Nordeste*. Recife: SUDENE, 1985, 50 p.
- SEPLAN - Secretaria de Estado do Planejamento de Sergipe. *Mapa territórios sergipanos*. Aracaju: GIGEC/SUPES/SEPLAN, 2007.
- SILVA, A. M.; HUANG, C.H. ; FRANCESCONI, W. ; SAINTIL, T.; VILLEGAS, J. . Using landscape metrics to analyze micro scale soil erosion processes. *Ecological Indicators*, v. 56, p. 184-193, 2015.
- SILVA, A. M.; SCHULZ, H. E.; CAMARGO, P. B. Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas. São Carlos: Rima, 2007. 153p.
- SILVA, V. C. DA. Estimativa da erosão atual da bacia do Rio Paracatu (MG/GO/DF). *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 34, n. 3, p. 147–159, 2004. Disponível em: <<http://www.revistas.ufg.br/index.php/pat/article/viewArticle/2308>>. Acesso em 22 Jan. 2015.
- STEIN, D.P.; DONZELLI, P.L.; GIMENEZ, A.F.; PONÇANO, W.L.; LOMBARDI NETO, F. *Potencial de erosão laminar, natural e antrópico, na Bacia do Peixe-Paranaíba*. Anais 4º Simpósio Nacional de Controle de Erosão. Marília-SP: ABGE / DAEE, p.105-135, 1987..
- SUDENE (Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste). *Mapa de erosividade do Nordeste*. Recife: SUDENE, p. 50, 1985.
- USGS - U.S. Geological Survey <<http://earthexplorer.usgs.gov/fgdc/3373>> Acesso em 10 out. 2014.
- VALLADARES, G. S.; GOMES, A. D. S.; TORRESAN, F. E.; RODRIGUES, C. A. G.; GREGO, C. R. Modelo multicritério aditivo na geração de mapas de suscetibilidade à erosão em área rural. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 47, n. 1, p. 1376–1383, 2012.
- VALLE JÚNIOR, R. F. DO; GALBIATTI, J. A.; MARTINS FILHO, M. V.; PISSARRA, T. C. T. Potencial de erosão da bacia do Rio Uberaba. *Engenharia Agrícola*, v. 30, p. 897–908, 2010.
- VIECELI, N.; BORTOLIN, T. A.; MENDES, L. A.; BACARIM, G.; CEMIN, G.; SCHNEIDER, V. E.. Morphometric evaluation of watersheds in Caxias do Sul City, Brazil, using SRTM (DEM) data and

GIS. *Environmental Earth Sciences*, v. 73, n.9, 5677-5685, 2015.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. Washington, DC: USDA, 1978. (Agriculture handbook, 537).