



## SOBRE ÁGUA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

### EROSIVIDADE DA BACIA HIDROGRÁFICA DO SUBMÉDIO RIO SÃO FRANCISCO

Madson Tavares Silva (1); Enio Pereira de Souza (2);  
Vicente de Paulo Rodrigues da Silva (3); Átilla Alex dos Santos Gonçalves (4);  
Arthur Braz da Silva Gomes (5)

(1) Universidade Federal de Campina Grande, UFCG/UACA - Campina Grande - PB, Brasil  
([madson.geotech@gmail.com](mailto:madson.geotech@gmail.com))

(2) Universidade Federal de Campina Grande, UFCG/UACA - Campina Grande - PB, Brasil  
([esouza@dca.ufcg.edu.br](mailto:esouza@dca.ufcg.edu.br))

(3) Universidade Federal de Campina Grande, UFCG/UACA - Campina Grande - PB, Brasil  
([vicente@dca.ufcg.edu.br](mailto:vicente@dca.ufcg.edu.br))

(4) Universidade Federal do Rio Grande do Norte, UFRN/DEC - Natal - RN, Brasil ([atillaalex@hotmail.com](mailto:atillaalex@hotmail.com))

(5) Universidade Federal do Rio Grande do Norte, UFRN/DEC - Natal - RN, Brasil ([arthur.bdsgomes@bct.ect.ufrn.br](mailto:arthur.bdsgomes@bct.ect.ufrn.br))

#### RESUMO.

A principal forma de erosão em condições brasileiras é causada pela energia cinética do impacto das gotas de chuva sobre a superfície do solo, desencadeando o processo de erosão. O objetivo deste estudo é avaliar a suscetibilidade do processo de erosão da bacia hidrográfica do sub-médio rio São Francisco através da determinação do potencial erosivo de chuvas para cada sub-bacia. A erosividade da chuva foi estimada a partir de análises da chuva individual no período entre os anos de 1970 e 2010 para a estação meteorológica de Bebedouro-PE. Existe uma correlação da distribuição irregular de chuvas com a variabilidade do fator R na bacia. Os maiores valores de R foram encontrados na parte noroeste da bacia. A erosividade média foi classificada como moderada a forte.

**Palavras chave:** semiárido, erosão, fator R.

#### ABSTRACT.

The main form of erosion in Brazilian conditions is caused by the kinetic energy of the impact of raindrops on the soil surface, triggering the process of erosion. The objective of this study is to evaluate the susceptibility of the process of erosion of the sub-mid of São Francisco river watershed by determining the erosive potential of rainfall for each sub-watershed. The rainfall erosivity was estimated from analyzes of individual rainfall in the period between the years 1970 and 2010 for the weather station of Bebedouro-PE. There is a correlation of the irregular distribution of rainfall with the variability of the R factor in the watershed. The highest values of R were found in the northwestern part of the watershed. The average erosivity was classified as moderate to strong.

**Keywords:** semiarid, erosion, R factor





## **SOBRE ÁGUA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

### **INTRODUÇÃO**

Dentre as formas de degradação ambiental, existe o movimento de massas de solo que resultam em perdas de solo, também conhecido como processo de erosão. Esse processo gera impactos ambientais (aumento da turbidez dos rios, assoreamento), socioeconômicos (diminuição da produtividade de áreas agrícolas decorrentes da perda de nutrientes e matéria orgânica, destruição de áreas urbanizadas ou urbanizáveis, etc). Este processo pode ocorrer devido a uma gama de variáveis, que influenciam na sua intensidade e sazonalidade/frequência, a saber: pluviosidade local, cobertura do solo, características mineralógicas do solo, correntes de vento, relevo, atividade antrópica, clima, etc. Muitas vezes, quando conhecidas essas propriedades locais, pode-se mitigar ou, até mesmo, prevenir a erosão. Neste trabalho, será dado enfoque na erosão hídrica.

A erosão do solo pela água tem sido intensamente estudada no mundo todo ao longo das últimas décadas e é considerada como uma das principais ameaças à qualidade do solo e redução na produtividade agrícola (Boardman & Poesen, 2006). A produção de sedimentos pode ser aumentada pela mudança no uso de solo, afetando o seu desenvolvimento e diminuindo a capacidade de recuperação das áreas afetadas, dessa forma acelerando o processo de degradação e desertificação da paisagem (Boardman & Poesen, 2006). A principal forma de erosão nas condições brasileiras é causada pela energia cinética do impacto das gotas de chuva sobre a superfície do solo, desencadeando o processo de erosão hídrica. Essa forma de erosão é analisada mediante a determinação da erosividade da chuva, que representa o potencial erosivo médio das chuvas de uma região tomados, como base, períodos de 20 a 30 anos de dados pluviométricos (Wischmeier, 1959). Ao identificar o potencial erosivo médio das chuvas e correlacioná-lo espacialmente, pode-se identificar áreas mais ou menos susceptíveis à erosão. O objetivo deste trabalho é avaliar a susceptibilidade do processo de erosão da Bacia Hidrográfica do Submédio Rio São Francisco por meio da determinação do potencial erosivo da chuva para cada sub-bacia.

### **METODOLOGIA**

O estudo foi desenvolvido na região do Submédio do Vale do rio São Francisco, que abrange áreas dos Estados da Bahia e Pernambuco, estendendo-se da cidade de Remanso até a cidade de Paulo Afonso ambas no Estado da Bahia, com 110.446,00 km<sup>2</sup>, ou 17% da área da Bacia do rio São Francisco. Essa região tem 440 km de extensão e a sua população é de 1,944 milhões de habitantes CODEVASF (1999).

#### **Suscetibilidade ao processo de erosão - Erosividade da chuva**

A erosividade da chuva foi estimada a partir das análises de chuvas individuais no período compreendido entre os anos de 1970 e 2010 obtidos de 9 estações meteorológicas distribuídas na área de estudo (Figura 1). A precipitação foi dividida por sua duração e se obteve, assim, a intensidade, dada em mm h<sup>-1</sup>, conforme Foster et al. (1981). Para determinação do índice de





## SOBRE ÁGUA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

erosividade ( $EI_{30}$ ), fez-se necessária a multiplicação de dois parâmetros específicos das precipitações erosivas: energia cinética total da chuva ( $Ec$ ), em  $MJ\ mm\ ha^{-1}\ h^{-1}$  e intensidade máxima em 30 min ( $I_{30}$ ), em  $mm\ h^{-1}$ .

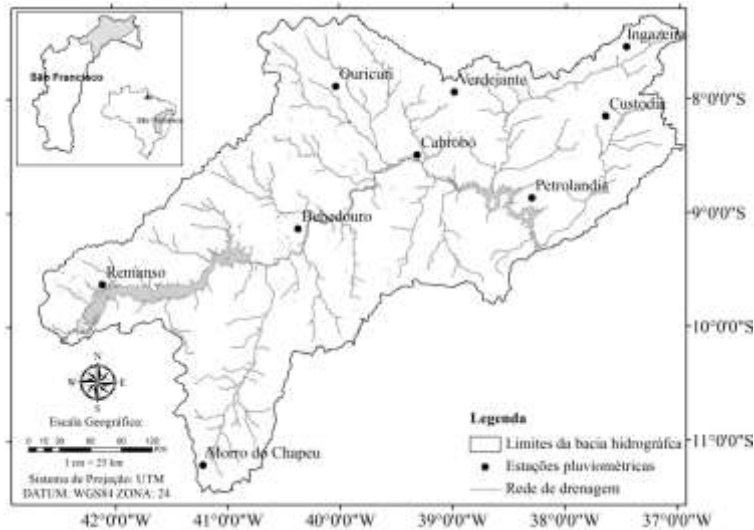


Figura 1. Localização da área de estudo e das estações meteorológicas utilizadas

De acordo com Wischmeier & Smith (1978) foi considerada a Equação 1 para estimativa da energia cinética por milímetro de chuva:

$$Ec = 0,119 + 0,0873 \log I \quad (1)$$

em que:

$Ec$  = energia cinética em  $MJ\ ha^{-1}\ mm^{-1}$ ;  
 $I$  = intensidade de chuva em  $mm\ hora^{-1}$ .

A energia cinética por incremento de chuva foi então determinada com a Equação 2:

$$Eci = Ec \times Vol \quad (2)$$

em que:

$Vol$  - quantidade de chuva do incremento (lâmina precipitada),  $mm$   
 $Ec$  - energia cinética por milímetro de chuva,  $MJ\ ha^{-1}\ mm^{-1}$

A energia cinética total foi obtida pelo somatório da energia cinética de cada incremento, segundo a Equação 3:





## SOBRE ÁGUA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

$$E_{ct} = \sum E_{ci} \quad (3)$$

Logo, o  $EI_{30}$  foi calculado pela Equação 4:

$$EI_{30} = E_{ct} \times I_{30} \quad (4)$$

em que:

$EI_{30}$  - índice de erosão,  $MJ \text{ ha}^{-1} \text{ mm}^{-1} \text{ hora}^{-1}$

$E_c$  - energia cinética por milímetro de chuva,  $MJ \text{ ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$

$I_{30}$  - intensidade máxima da chuva em 30 min,  $\text{mm}^{-1} \text{ hora}^{-1}$

Nas planilhas de chuva, foram consideradas todas as chuvas com intensidade superior a 10 mm, calculando-se a energia cinética, duração e intensidade máxima em trinta minutos dessas chuvas. Desta forma, foi calculado, para cada precipitação, o índice  $EI_{30}$  em  $MJ \text{ ha}^{-1} \text{ mm}^{-1} \text{ hora}^{-1}$ . Somando-se os índices  $EI_{30}$  de todas as chuvas individuais e erosivas de cada mês, obteve-se a erosividade mensal das chuvas e, somando-se os índices  $EI_{30}$  mensais, obteve-se então a erosividade anual das chuvas ou parâmetro (R) da EUPS para bacia hidrográfica em estudo. O coeficiente de chuva ou índice médio mensal de erosão ( $R_c$ ) foi calculado pelo método proposto por Lombardi Neto (1977), dado pela Equação 5:

$$R_c = \frac{Pm^2}{Pa} \quad (5)$$

em que:

$R_c$  - coeficiente de chuva (mm)

$P_m$  - precipitação média mensal (mm)

$P_a$  - precipitação média anual (mm)

Por fim a relação direta entre o coeficiente de chuva ( $R_c = P_m^2/P_a$ ) e o índice de erosividade ( $EI_{30}$ ) possibilitou a determinação do potencial erosivo da chuva na Bacia Hidrográfica do Submédio Rio São Francisco – BHSRSF. O potencial erosivo anual da chuva foi classificado a partir da Tabela 1 segundo Carvalho (2008).

| Tabela 1. Classificação do potencial erosivo anual da chuva |                              |
|---|------------------------------|
| Erosividade ( $MJ \text{ mm} (\text{ha h})^{-1}$ )          | Classe de erosividade        |
| $R \leq 2452$   | Erosividade fraca            |
| $2452 < R \leq 4905$  | Erosividade moderada         |
| $4905 < R \leq 7357$  | Erosividade moderada a forte |
| $7357 < R \leq 9810$  | Erosividade forte            |
| $R > 9810$  | Erosividade muito forte      |





## SOBRE ÁGUA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da distribuição espacial do fator de erosividade da precipitação (R) para Bacia Hidrográfica do Submédio Rio São Francisco - BHSRSF (Figura 2) verifica-se que o valor médio obtido para área de estudo foi de  $3.978 \text{ MJ mm h}^{-1} \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ . Segundo Inácio et al. (2007), um dos principais agentes ativos na erosão do solo é a chuva, quando se relaciona a magnitude do processo erosivo principalmente com a cobertura do solo e declividade do terreno. As classes de erosividade possuem valores superiores a  $4.800 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  na parte noroeste da bacia hidrográfica (sub-bacias 4; 5; 16; 19; 20; 24; 26 e 35), chegando a valores máximos, próximos a  $5.630 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , e decrescendo em direção sudeste, com valores da ordem de  $3.000 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ . A região leste apresentou os menores valores de R, ao redor de  $2.500 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  para as sub-bacias (21; 27; 30 e 34). A variabilidade espacial do fator R está diretamente associada à irregularidade da distribuição da precipitação pluvial, tanto espacial quanto nos níveis acumulados. Os valores de erosividade representam o potencial de degradação do impacto da gota de chuva sobre o solo, remetendo, assim, a importância da manutenção da cobertura natural dos solos da região, principalmente nas regiões que apresentam erosividade forte ou muito forte.

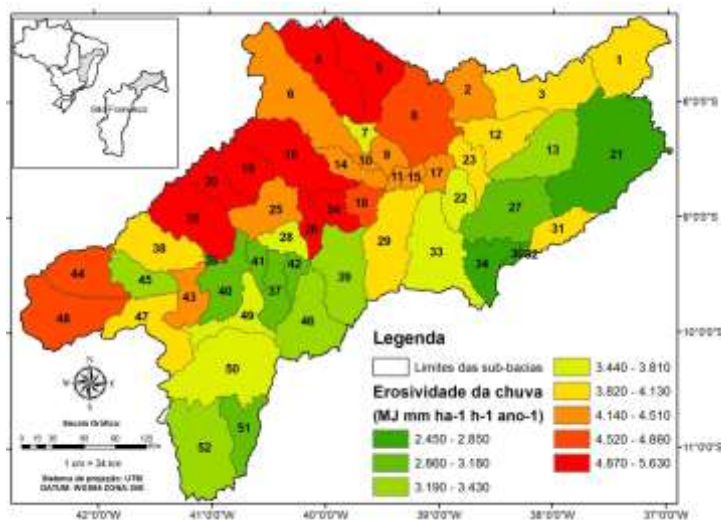


Figura 2. Distribuição espacial do fator de erosividade da precipitação (R) para Bacia Hidrográfica do Submédio Rio São Francisco - BHSRSF.





## **SOBRE ÁGUA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

### **CONCLUSÕES**

Os valores de R determinados para as sub-bacias permitem classificar o potencial erosivo da bacia como de moderado a forte. Medidas de prevenção da erosão como técnicas de engenharia e monitoramento devem ser consideradas para toda a Bacia Hidrográfica do Submédio Rio São Francisco, mas com atenção especial para a região noroeste, a qual apresentou os maiores valores de R.

### **AGRADECIMENTOS**

Os autores gostariam de agradecer a CAPES pela concessão da Bolsa de Pós-Doutoramento ao primeiro autor.

### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Boardman, J.; Poesen, J. Soil Erosion in Europe: Major Processes, Causes and Consequences. In: J. Boardman and J. Poesen (Eds.), Soil Erosion in Europe. Chichester: John Wiley and Sons Ltd. 2006. p. 479 - 487.

CODEVASF - COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DOS VALES DO SÃO FRANCISCO E DO PARNAÍBA. Inventário de projetos. Brasília: rev. atual. 3. ed. 1999. 223p.

Lombardi Neto, E. Rainfall erosivity distribution and relationship with soil loss in Campinas, Brasil. West Lafayette: Purdue University, 1977. 53p. Master 's Dissertation.

Silva, M.T. Mudança no uso de solo e no aporte de sedimentos na bacia hidrográfica do submédio do rio São Francisco. Camina Grande: UFCG, 2014. 122p. Tese Doutorado.

Wischmeier, W. H. A rainfall erosion index for a universal soil-loss equation. Soil Science Society of America Proceedings, v.23, p.246-249, 1959.

Wischmeier, W. H.; Smith, D. D. Predicting rainfall erosion losses – a guide to conservation planning. Washington: USDA, Agriculture Research Service, 1978. 58p. Agriculture Handbook, 735.

