

## OBTENÇÃO DA EQUAÇÃO DE EROSIVIDADE DA CHUVA PARA OS MUNICÍPIOS DE JAGUARIBE - CE E GUARAMIRANGA - CE

Autores(as): Lídia Braga; Aiara Barrozo; Raul Ramalho;

Tutor(a): Anderson Borghetti;

BRAGA, L.S.<sup>1</sup>; DUARTE, A.B.<sup>1</sup>; RAMALHO, R.G.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Grupo PET-Ambiental, UFC, Campus PICI; Anderson Borghetti do Grupo PET-Ambiental, UFC, Campus PICI

E-mail: [lidiasales@alu.ufc.br](mailto:lidiasales@alu.ufc.br), [aiarabarrozo@alu.ufc.br](mailto:aiarabarrozo@alu.ufc.br), [petambiental@ufc.br](mailto:petambiental@ufc.br), [raulgomesramalho@gmail.com](mailto:raulgomesramalho@gmail.com)

**RESUMO:** Este estudo teve como objetivo desenvolver equações de estimativa da erosividade das chuvas para os municípios cearenses de Guaramiranga e Jaguaribe, a partir de dados de intensidade pluviométrica. Foram analisados registros de precipitação horária correspondentes a um período de dez anos, obtidos junto ao Instituto Nacional de Meteorologia. A metodologia consistiu na determinação dos índices mensais e anuais de erosividade, correlacionados aos coeficientes de chuva médios de cada localidade. Os resultados revelaram elevados coeficientes de correlação entre as variáveis analisadas, sendo de 0,991 para Guaramiranga e 0,978 para Jaguaribe. Constatou-se que Guaramiranga apresenta maior potencial erosivo, decorrente de sua maior pluviosidade média anual. As equações obtidas mostraram-se adequadas para aplicação regional, possibilitando a estimativa da erosividade em locais com características climáticas semelhantes. O estudo reforça a importância de dados pluviométricos contínuos e confiáveis para o planejamento de práticas de conservação do solo e mitigação dos efeitos da erosão.

**Palavras-chave:** Erosão; Erosividade; Coeficiente de Chuva; Ceará.

### OBTAINING THE RAINFALL EROSIVITY EQUATION FOR THE MUNICIPALITIES OF JAGUARIBE - CE AND GUARAMIRANGA - CE

**ABSTRACT :** This study aimed to develop equations to estimate rainfall erosivity for the municipalities of Guaramiranga and Jaguaribe, Ceará, based on rainfall intensity data. Hourly rainfall records from the National Institute of Meteorology, covering a ten-year period, were analyzed. The methodology consisted of determining monthly and annual erosivity indices, correlated with the average rainfall coefficients for each location. The results revealed high correlation coefficients between the analyzed variables, 0.991 for Guaramiranga and 0.978 for Jaguaribe. Guaramiranga was found to have greater erosive potential due to its higher average annual rainfall. The equations obtained proved suitable for regional application, enabling the estimation of erosivity in locations with similar climatic characteristics. The study reinforces the importance of continuous and reliable rainfall data for planning soil conservation practices and mitigating the effects of erosion.

**Keywords:** Erosion; Erosivity; Rainfall Coefficient; Ceará.

## Introdução

A erosão pluvial é um dos principais processos responsáveis pela degradação dos solos, afetando diretamente a produtividade agrícola, a estabilidade de encostas e a qualidade dos recursos hídricos. Esse fenômeno resulta da ação das gotas de chuva sobre a superfície do solo, promovendo o desagregamento das partículas e seu posterior transporte pelo escoamento superficial.

A intensidade e a frequência das precipitações, aliadas às características do solo, relevo e cobertura vegetal, influenciam diretamente o potencial erosivo das chuvas, definido como erosividade. A capacidade de uma determinada chuva de causar erosão é denominada de erosividade que, para cada chuva, pode ser obtida a partir de duas variáveis: a energia cinética das gotas de chuva e a intensidade de chuva (Bertoni e Lombardi Neto, 1990).

A determinação precisa da erosividade é essencial para o planejamento ambiental e o manejo sustentável do solo, nesse contexto, a erosividade total de uma região, representada pelo fator R e integrante da Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS), possibilita avaliar o potencial das chuvas em causar erosão no solo. Esse fator é determinado a partir de registros diários de precipitação obtidos por meio de pluviógrafos. Os dados coletados por esses instrumentos permitem calcular o índice de erosividade (EI<sub>30</sub>) de cada evento de chuva, bem como as erosividades de mês ( $\sum EI_{30 \text{ mês}}$ ) e ano ( $\sum EI_{30 \text{ ano}}$ ), determinadas pelo somatório dos valores de EI<sub>30</sub> correspondentes a cada mês e a cada ano do período analisado. Entretanto, essa metodologia se mostra difícil, pois requer a presença de vários pluviógrafos.

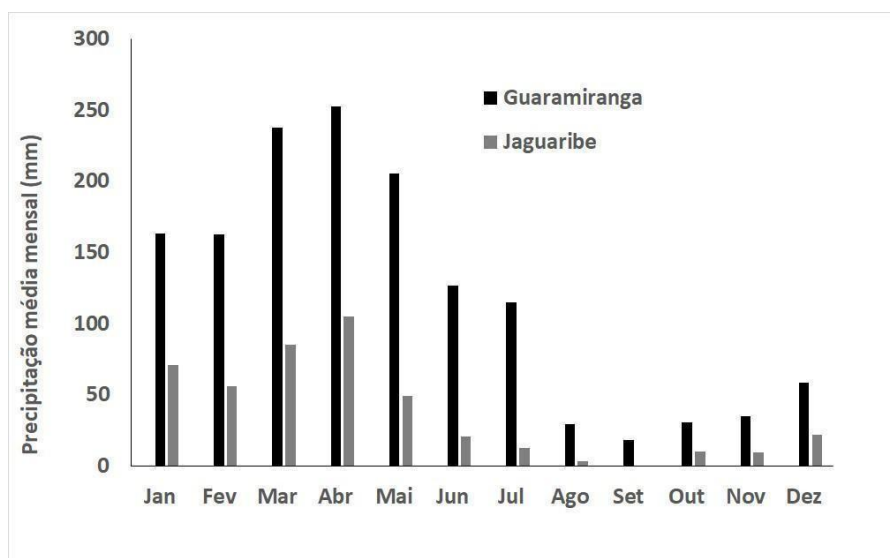
Assim, o uso de equações empíricas, baseadas em correlações com a precipitação total, apresenta-se como alternativa viável para erosividades regionais. Assim, o presente trabalho tem como objetivo obter equações de erosividade específicas para os municípios de Guaramiranga e Jaguaribe, no estado do Ceará, contribuindo para a previsão do potencial erosivo das chuvas e para o desenvolvimento de práticas de conservação adequadas às condições climáticas locais.

## Método

Para a determinação da equação da erosividade foram selecionados dois municípios, que apresentaram dados pluviométricos de chuvas horárias disponíveis para um período de cerca de 10 anos, a escolha do intervalo foi dada por uma carência de dados das regiões escolhidas. As cidades selecionadas para o presente estudo, Guaramiranga e Jaguaribe, correspondem a duas regiões com características de precipitações distintas do estado do Ceará, tendo o intervalo de observações corresponde aos anos 2009 a 2018 obtidas partir de dados fornecidos pelo INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) vinculado ao BDMEP (Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa).

Ambas as cidades possuem o mesmo período chuvoso, no primeiro semestre do ano, de fevereiro a julho e o segundo semestre, principalmente, agosto e setembro, mais seco. Entretanto, é possível obter precipitações totais médias mensais e anuais do período, para as cidades de Jaguaribe e Guaramiranga. A cidade de Guaramiranga apresentou um total anual médio de 1442,1 mm, sendo bem superior à cidade de Jaguaribe que possui 448,5 mm em média por ano. Os dados foram obtidos pelo Inmet (Instituto Nacional de Meteorologia) vinculado ao BDMEP (Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa) e foram considerados precipitações de 30 minutos

Figura 1 – Precipitação média mensal de Guaramiranga e Jaguaribe (2009-2018).



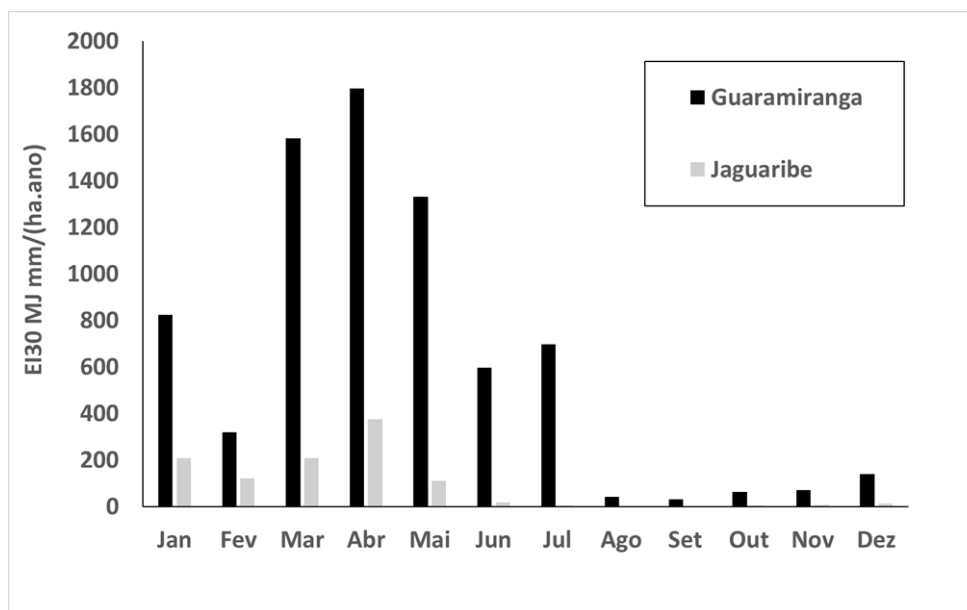
fonte: próprio autor a partir dados obtidos pela FUNCEME

Para o cálculo da erosividade foi determinado o índice de erosividade mensal e anual de cada ano. Para cada chuva individual foi calculada a energia cinética e posteriormente o  $EI_{30}$ . Os valores de  $EI$  mensal médio do período analisado foram correlacionados com o coeficiente de chuva, obtendo uma equação de ajuste.

## Resultados e Discussão

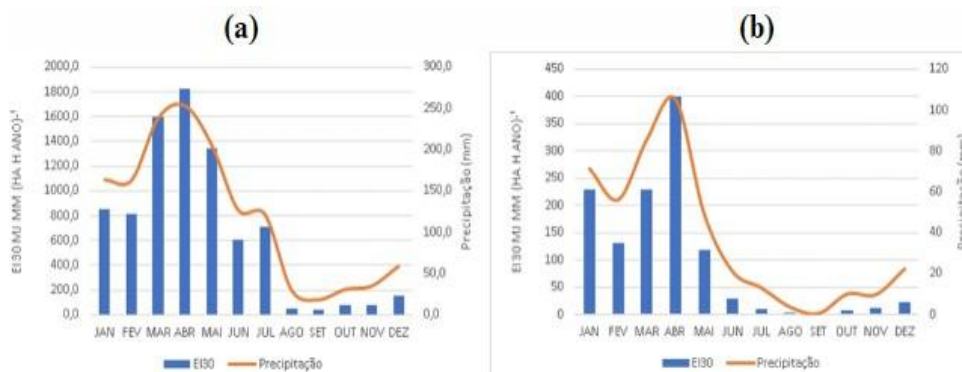
A erosividade mensal obtida a partir de dados pluviométricos de intensidades de chuva, para as cidades de Jaguaribe e Guaramiranga, é apresentada na Figura 2. Para o cálculo da erosividade foram consideradas chuvas acima de 10 mm. De acordo com Wischmeier e Smith(1965), chuvas abaixo de 10 mm não influem significativamente para o valor da erosividade. Observa-se que a cidade de Guaramiranga apresentou valores de  $EI_{30}$  bem mais elevados do que na cidade de Jaguaribe, devido a ocorrência de precipitações mais elevadas no município de Guaramiranga. Na Figura 3 pode-se perceber que há uma forte correlação entre o  $EI_{30}$  e as precipitações médias mensais.

Figura 2 – Erosividade média mensal de Guaramiranga e Jaguaribe (2009-2018)



fonte: próprio autor

Figura 3 – Correlação entre  $Ei_{30}$  médio mensal e as precipitações médias mensais (2009 a 2018): (a) Guaramiranga e (b) Jaguaribe

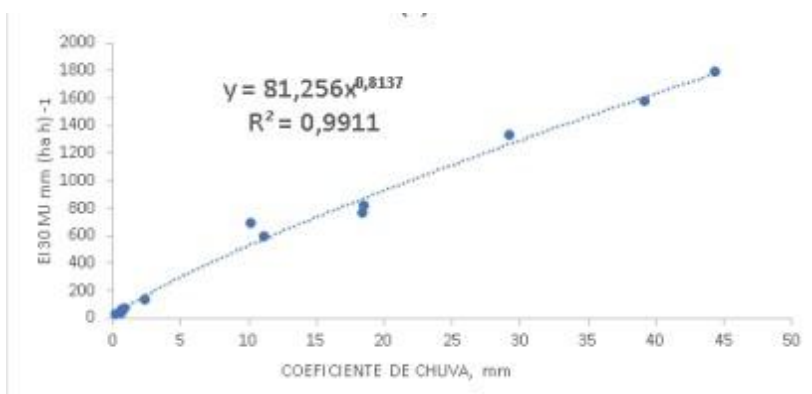


fonte: próprio autor

A partir dos dados observados nas Figuras 2 e 3, pode-se verificar um padrão na distribuição das chuvas nas duas regiões, que apresenta meses com maior média de chuvas, e conseqüentemente maior erosividade, entre janeiro e julho, para a cidade de Guaramiranga, e Janeiro a junho, para a cidade de Jaguaribe, seguido por um período de maior escassez, nos meses seguintes, sendo um comportamento comum em países de clima tropical (Hudson, 1995).

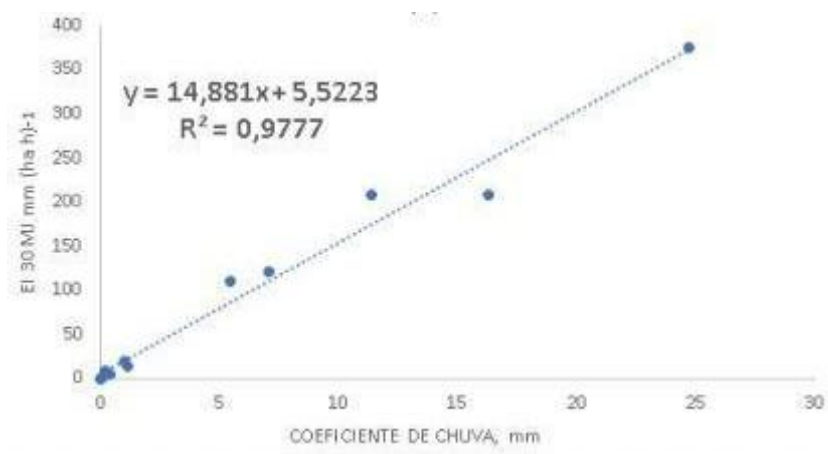
Com os dados de erosividade média mensal e precipitação média total mensal foram obtidas diferentes correlações com o coeficiente de chuva (linear, exponencial e potencial), no período considerado (Ramalho,2021). No caso da cidade de Guaramiranga, a correlação potencial foi a que apresentou a maior coeficiente de correlação ( $R^2=0,9911$ ), sendo apresentada na Figura 4, sendo  $y$  a erosividade e  $x$  o coeficiente de chuva ( $x$ ), com a relação expressa pela fórmula  $y=81,256.(x)^{0,8137}$ . No caso da cidade de Jaguaribe (Figura 5), a equação linear apresentou o melhor ajuste, com coeficiente de correlação ( $R^2$ ) igual a 0,9777, com a equação correspondente a  $y=14,881.(x)+ 5,5223$ .

Figura 4 – Correlação entre EI<sub>30</sub> x R<sub>c</sub> em Guaramiranga (2009-2018)



fonte: próprio autor

Figura 5 – Correlação entre EI<sub>30</sub> x R<sub>c</sub> em Jaguaribe (2009-2018)



fonte: próprio autor

As equações de correlação obtidas permitiram estimar os valores de erosividade média anual no município de Guaramiranga, de 7877,54 MJ.mm/(ha .ano), e Jaguaribe, de 1074,51 MJ.mm/(ha .ano). As cidades estão classificadas como regiões de erosividade forte e fraca, respectivamente (Carvalho, 2008; Santos e Montenegro, 2012). Na Tabela 1 apresenta a erosividade mensal obtida por pela equação de correlação com o coeficiente de chuva.

**Tabela 1- Erosividade média mensal obtida experimentalmente e pela equação de correlação com o coeficiente de chuva.**

Método	Cidade	Equação	R <sup>2</sup>	Fator R MJ mm/ha.ano
Correlação	Jaguaribe	$y = 14,881x + 5,5223$	0,9777	1074,51
Dados de campo	Jaguaribe	-	-	1074,48
Correlação	Guaramiranga	$y = 81,256x^{0,8137}$	0,9908	7877,54
Dados de campo	Guaramiranga	-		7942,96

fonte: próprio autor

Silva (2004) apresentou equações, elaboradas por diferentes autores, para o cálculo da erosividade da chuva, baseadas em correlações com totais de chuva, para 8 regiões do Brasil, considerando dados de 1600 estações meteorológicas. As cidades de Guaramiranga e Jaguaribe fazem parte de uma dessas regiões e a equação para determinação da erosividade é apresentada na Tabela 2 (Silva, 2001).

**Tabela 2 – Erosividade anual por Silva (2001), em Silva (2004) e Ramalho (2021)**

Equação	Autor	Cidade	Fator R MJ mm/ha.ano
$y = 14,881x + 5,5223$	Ramalho (2021)	Jaguaribe	1074,51
$y = 42,307.x^{0,8137}+69,763$	Silva (2001)	Jaguaribe	3703,62
$y = 81,256x^{0,8137}$	Ramalho (2021)	Guaramiranga	7877,54
$y = 42,307.x^{0,8137}+69,763$	Silva (2001)	Guaramiranga	8266,47

fonte: próprio autor

Os valores de erosividade calculados pela equação de Silva (2001), foram mais elevados dos que os obtidos pela equação de Ramalho (2021), para as duas cidades nordestinas, sendo maior a diferença para a cidade de Jaguaribe. Esses resultados indicam que para determinação da erosividade é recomendado utilizar-se de equações desenvolvidas para dados específicos direcionados para a região, pois apresentam maior confiabilidade do que aquelas de caráter mais generalizado.

### **Conclusões**

O presente estudo objetivou a formulação de equações que permitissem a estimativa da erosividade das chuvas nas cidades de Guaramiranga e Jaguaribe no estado do Ceará a partir de dados de intensidade de chuvas. As análises desenvolvidas confirmaram que existe uma alta correlação entre o índice de erosividade mensal (EI30) e o coeficiente de chuva, com coeficientes de correlação iguais a 0,991 e 0,978 para Guaramiranga e Jaguaribe, respectivamente. Os resultados obtidos evidenciam a pertinência das equações apresentadas para a caracterização da erosividade das chuvas nestas localidades.

Os dados identificados indicam que a erosividade das chuvas em Guaramiranga é maior devido à maior precipitação média ocorrida na referida região. A relação direta dos índices de erosividade com os volumes de precipitação está de acordo com o comportamento típico das regiões tropicais, onde os períodos de maior volume de chuvas têm maior potencial erosivo, enquanto que nos períodos de estiagem foi verificada a diminuição tanto das precipitações, quanto da erosividade, conforme descrito por Hudson (1995).

Por fim, este estudo reforça a importância da coleta e análise de dados pluviométricos de maneira precisa e contínua, evidenciando a necessidade no Brasil de se ampliar os bancos de dados meteorológicos para obter informações principalmente em regiões onde existem lacunas de dados por longos períodos. A aplicação das equações propostas pode ser estendida a outras localidades que apresentem condições de clima e geografia semelhantes, contribuindo para a diminuição dos efeitos negativos da erosão do solo.

### **Agradecimentos**

A elaboração deste trabalho contou com a ajuda do programa de educação Tutorial (PET) Engenharia Ambiental e Sanitária, a Universidade Federal do Ceará (UFC) e ao apoio financeiro da Fundação Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE) ao referido programa, bem como o papel do Ministério da Educação na criação e manutenção dessa iniciativa.

### **Referências**

BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F. **CONSERVAÇÃO DO SOLO**. SÃO PAULO: ED. ÍCONE, 1990. 355P.

CARVALHO, M.P. **EROSIVIDADE DA CHUVA: DISTRIBUIÇÃO E CORRELAÇÃO COM AS PERDAS DE SOLO DE MOCOCA - SP**. PIRACICABA, UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 1987. 104P. (TESE DE MESTRADO).

ELEMAR ANTONINO CASSOL ET AL. **EROSIVIDADE, PADRÕES HIDROLÓGICOS, PERÍODO DE RETORNO E PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA DAS CHUVAS EM SÃO BORJA, RS**. R. BRAS. CI. SOLO, 2008.

G. COLODRO ET AL. **EROSIVIDADE DA CHUVA: DISTRIBUIÇÃO E CORRELAÇÃO COM A PRECIPITAÇÃO**. R. BRAS. CI. SOLO, 26:809-818, 2002. R.

HUDSON, N. **SOIL CONSERVATION**. ED. AMES, IOWA STATE UNIVERSITY PRESS, 3º ED., 1995. 391P.

LOMBARDI NETO, F. **RAINFALL EROSIVITY – ITS DISTRIBUTION AND RELATIONSHIP WITH SOIL LOSS AT CAMPINAS, BRAZIL**. 1977. 53P. (TESE DE MESTRADO), WEST LAFAYETTE, PURDUE UNIVERSITY.

PEREIRA, H.H.G. **ÍNDICES DE EROSIVIDADE DA CHUVA: DISTRIBUIÇÃO E RELAÇÃO COM A PRECIPITAÇÃO EM PIRACICABA (SP)**. PIRACICABA: UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 1983. 70P. (TESE DE MESTRADO).

OLIVEIRA JÚNIOR, R.C. & MEDINA, B.F. **A EROSIVIDADE DAS CHUVAS EM MANAUS (AM)**. R. BRAS. CI. SOLO. V. 14, P.235-239, 1990.

OLIVEIRA ET AL. **ESTIMATIVA E ESPACIALIZAÇÃO DO ÍNDICE DE EROSIVIDADE DE CHUVAS (EI30) NA SUB-BACIA DO RIO COREAÚ, CEARÁ**. XXIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS (ISSN 2318-0358), 2019.

RAMALHO, R.G. **OBTENÇÃO DA EQUAÇÃO DE EROSIVIDADE DA CHUVA EM DIFERENTES REGIÕES DO ESTADO DO CEARÁ**. 2001. 55F. TRABALHO DE

CONCLUSÃO DE CURSO (TCC). CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL.  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ.

ROQUE, C.G.; CARVALHO, M.P. & PRADO, R.M. FATOR EROSIVIDADE DA CHUVA DE PIRAJU (SP): DISTRIBUIÇÃO, PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA, PERÍODO DE RETORNO E CORRELAÇÃO COM O COEFICIENTE DE CHUVA. **R. BRAS. CI. SOLO**. V. 25, P. 147-156, 2001.

ROSA ET AL. EROSIVIDADE DA CHUVA: DISTRIBUIÇÃO E CORRELAÇÃO COM A PRECIPITAÇÃO EM ÓBIDOS-PA (BRASIL). **REVISTA GEOAMAZÔNIA BELÉM** V. 6, N. 11 P. 256–272 2018.

SILVA, J.R.C. & DIAS, A.S. A EROSIVIDADE DAS CHUVAS EM FORTALEZA (CE). II CORRELAÇÃO COM O COEFICIENTE DE CHUVA E ATUALIZAÇÃO DO FATOR R NO PERÍODO DE 1962 A 2000. **R. BRAS. CI. SOLO**, V. 27, P. 347-354, 2003.

SILVA, A.M. DA. RAINFALL EROSIVITY MAP FOR BRAZIL. **CATENA**. V.57, P.251-259, 2004.

WISCHMEIER, W.H. & SMITH, D.D. **PREDICTING RAINFALL EROSION LOSSES: A GUIDE TO CONSERVATION PLANNING**. WASHINGTON, D.C, UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE, 1978. 58P. (AGRICULTURE HANDBOOK, 537).