

ANÁLISE DO FATOR DE EROSIVIDADE DA CHUVA PARA UMA PEQUENA BACIA HIDROGRÁFICA DA AMAZÔNIA

Sâmia Rafaela Maracaípe Lima (UFPA) samia.lima@itec.ufpa.br
Claudio José Cavalcante Blanco (UFPA) blanco@ufpa.br
Igor de Sousa Gomide (UFPA) igorgomide@ufpa.br
Ana Júlia Soares Barbosa (UFPA) ajsbarbosa@gmail.com
Mariane Gonçalves Furtado (UFPA) marianefurtado@hotmail.com

Resumo: O objetivo do presente trabalho foi determinar o fator R, presente na Equação Universal da Perda de Solo – USLE, através de sua equação original, que utiliza dados de chuva de 30 minutos; e também da equação utilizada em sua versão revisada (RUSLE) para o cálculo da energia cinética da chuva; e compará-lo com o valor determinado a partir de duas equações de aplicação mais simples, disponíveis na literatura, buscando confirmar a aplicação dessas últimas a uma pequena bacia hidrográfica da Amazônica. Para tanto, foram utilizados dados de chuva de um pluviômetro instalado em 2011, na bacia do Igarapé da Prata, no município de Capitão Poço, estado do Pará. Assim, os dados coletados foram aplicados às expressões supramencionadas. Em virtude das variações encontradas, confirmou-se que uma das expressões encontradas na literatura representa satisfatoriamente a erosividade da chuva para a bacia em questão, sendo essa equação de mais fácil aplicação, pois não necessita de dados de chuva de 30 minutos.

Palavras-Chave: USLE, Fator Energético da Chuva, Pequenas Bacias Hidrográficas da Amazônia.

ANALYSIS OF THE RAINFALL EROSIVITY FACTOR FOR A SMALL CATCHMENT IN THE AMAZONIA

Abstract: The objective of this study was to determine the *R* factor, present in the Universal Soil Loss Equation - USLE, through his original equation, which uses rainfall data of 30 minutes; and also the equation used in its revised version (RUSLE) to calculate the kinetic energy of rainfall; and compare it with the value determined from two equations simpler application, available in the literature, seeking to confirm the application of the two equations to a small catchment of the Amazonia. We used data from a rain gauge installed in 2011 in the Igarapé da Prata catchment, in the municipality of Capitão Poço, State of Pará. Thus, the data collected were applied to the expressions mentioned. Because of the variations determined from the expressions, it was confirmed that one of the expressions found in the literature satisfactorily represents the rainfall erosivity for the catchment in question, and this equation easier to apply, since it does not require data precipitation 30 minutes.

Keywords: RUSLE, Energetic Factor of Rain, Small Watershed Amazon

1. INTRODUÇÃO

A erosão do solo é o resultado da atuação de diversos fenômenos que tendem a modificar o ambiente de uma bacia hidrográfica, onde a transformação da paisagem dá-se também por conta de práticas agrícolas. Nesse caso, a maior demanda por produtos agrícolas, acaba acelerando a perda de solo, resultando, por exemplo, na alteração da qualidade da água e assoreamento de rios e reservatórios.

Os processos de erosão e sedimentação de bacias hidrográficas podem trazer muitos problemas. Brooks *et al.* (1991) afirmaram que os sedimentos são, provavelmente, o mais significativo de todos os poluentes em termos de sua concentração na água, seus impactos no uso da água e seus efeitos no transporte de outros poluentes. Simões & Coidado (2003) afirmaram que o fenômeno da erosão pode variar em conformidade com os agentes causadores dos processos

erosivos. Estes agentes podem ser: vento, gelo, gravidade e água em movimento. Esse último, por sua vez, caracteriza a erosão fluvial, marinha e hídrica (chuva e escoamento superficial). Dentre os processos de erosão citados, a do tipo hídrica é o foco do trabalho em questão, pois o controle e compreensão desta podem equacionar os problemas ora mencionados. Nesse caso, para a melhor compreensão dos processos de erosão supramencionados, tem-se usado modelos empíricos, como a *Universal Soil Loss Equation* – USLE (Eq. 1), aliados ao uso de estações hidrosedimentológicas para quantificação de sedimentos em bacias hidrográficas.

A USLE modela a perda de solo média para longos períodos que ocorrem a partir da erosão laminar e turbulenta e também por sulcos, desprezando a deposição e a produção de sedimentos por erosão das margens e fundo do canal (Wischmeier & Smith, 1965).

$$A = R.K.LS.C.P \quad (1)$$

Onde A é a perda de solo (t/ha.ano); R é o fator energético da chuva (MJ.mm/ha.h.ano); K é fator de erodibilidade do solo (t.h/Mj.mm); LS é o fator conjunto de comprimento e grau de declive; C é fator de uso e manejo do solo; e P é o fator de práticas conservacionistas.

O fator energético da chuva R , expressa a capacidade das chuvas de erodir uma área sem proteção (Paiva, 2003). E o seu potencial em causar erosão pode ser avaliado por meio de índices de erosividade, que se baseiam nas características físicas das chuvas de cada região (Carvalho *et al.*, 2005). O Fator R pode ser calculado diretamente a partir de registros pluviométricos e seu estudo faz-se necessário, pois o conhecimento de sua variabilidade ao longo do ano, ajuda a definir a melhor época para o estabelecimento das práticas de manejo e conservação do solo. Sendo assim, o objetivo do presente trabalho foi determinar o fator R , presente na Equação Universal da Perda de Solo – USLE, através de sua expressão original, que utiliza dados de chuva de 30 minutos; e compará-lo com o valor determinado a partir de equações disponíveis na literatura, buscando confirmar a equação que melhor se adequa à região de uma pequena bacia hidrográfica da Amazônia. Já que as equações analisadas são mais simples que a original do fator R da USLE, dependendo de dados mensais e anuais de precipitação, os quais já estão disponíveis em bancos de dados, principalmente, os da ANA – Agência Nacional de Águas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo

A bacia do Igarapé da Prata localiza-se no município de Capitão Poço, região nordeste do estado do Pará, aproximadamente a 160 km da capital Belém. O estudo foi realizado no trecho superior da bacia, com uma área aproximada de 37 km², com o exutório sendo demarcado pela Estação Fluviométrica Marambaia (Código Agência Nacional de Águas – ANA: 31600000) controlada pela CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais). A área total da bacia possui 82 km², sendo que o igarapé deságua no rio Guamá (Figura 1).

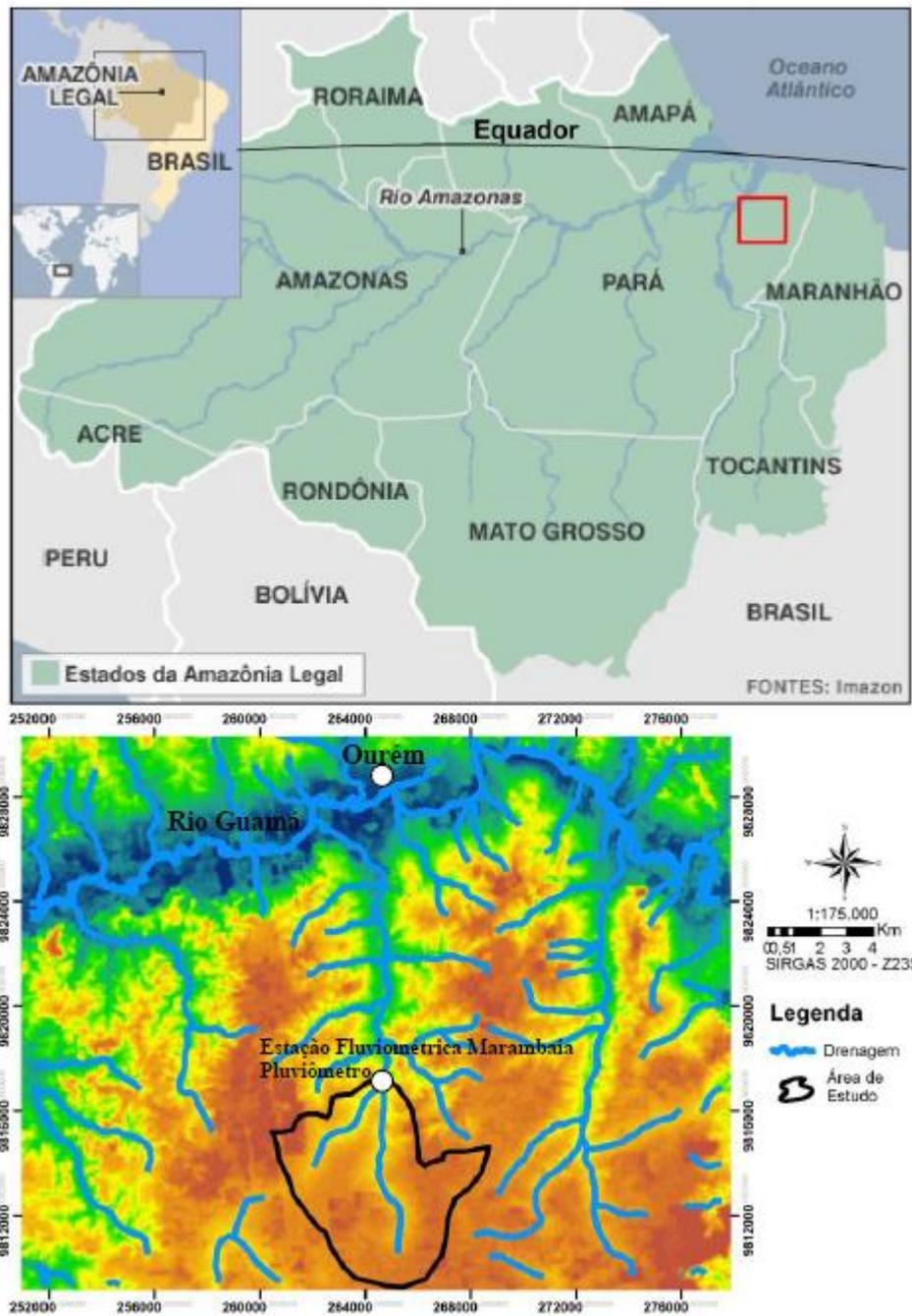


Figura 1 - Localização da Pequena bacia Hidrográfica.

2.2 Coleta e Análise de Dados

Os dados de chuva foram coletados através de um pluviômetro instalado próximo às margens do igarapé da Prata (Figura 1). Detalhes do pluviômetro são apresentados na Figura 2. Esse equipamento é composto de um sensor de precipitação, possuindo uma resolução de 0,2 mm e intensidade máxima de 3 mm/min; e *data logger*, que armazena os dados coletados pelo sensor.

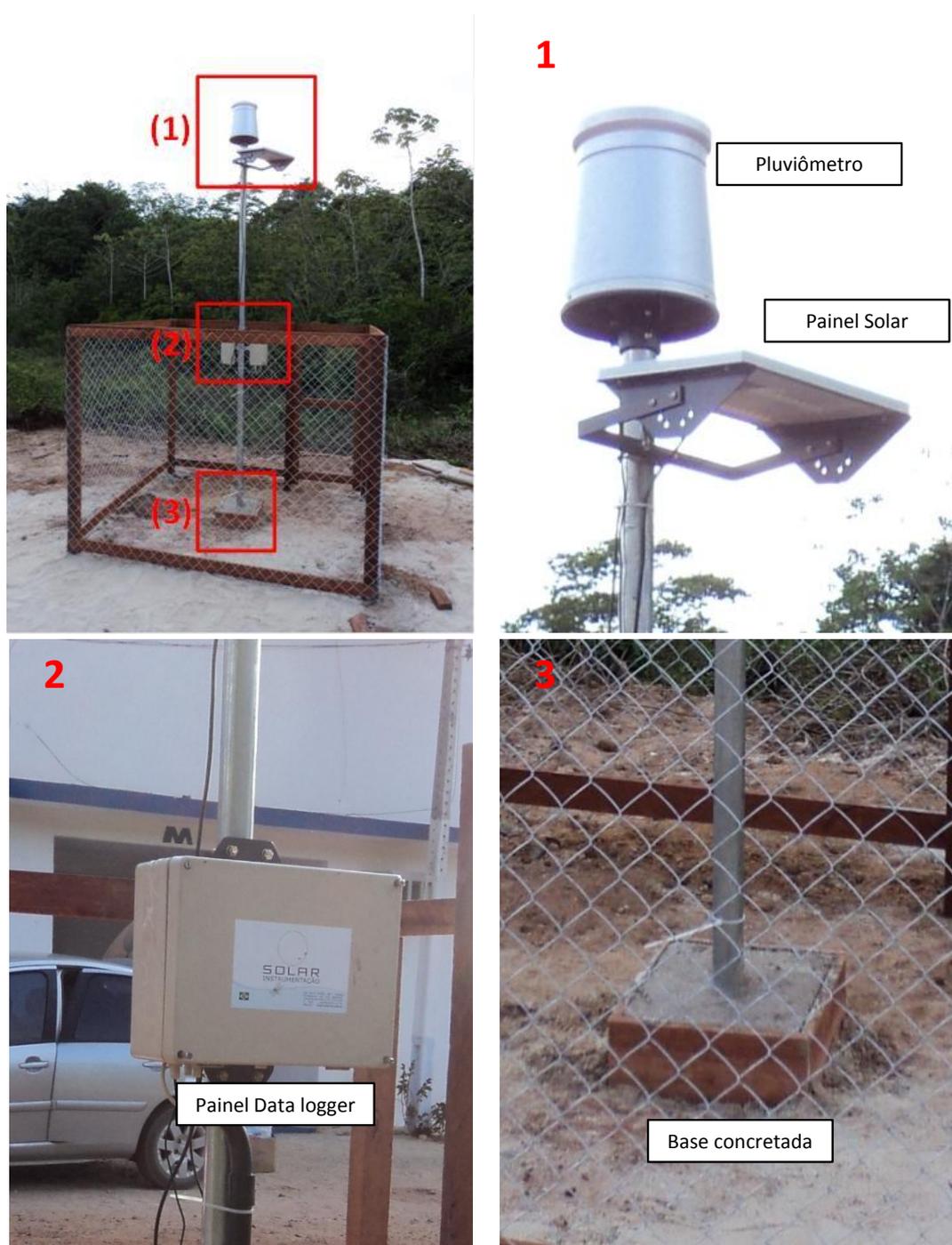


Figura 2 - Estação Pluviométrica da pequena Bacia do Igarapé da Prata.

A estação pluviométrica do igarapé da Prata está coletando dados desde janeiro de 2012 e para o presente estudo foram utilizados os dados até dezembro de 2012. Uma análise para validar se os dados coletados representam o regime pluviométrico da região, foi efetuada. Assim, os dados coletados foram comparados aos dados de chuva do município de Ourém (Figura 1), que está distante a aproximadamente 15 km da estação do igarapé da Prata. A série histórica é oriunda da Estação Pluviométrica ANA, Código: 00147016. A Figura 3 mostra os pluviogramas da precipitação total mensal de Ourém e do Igarapé da Prata para o período de 01-12/2012.

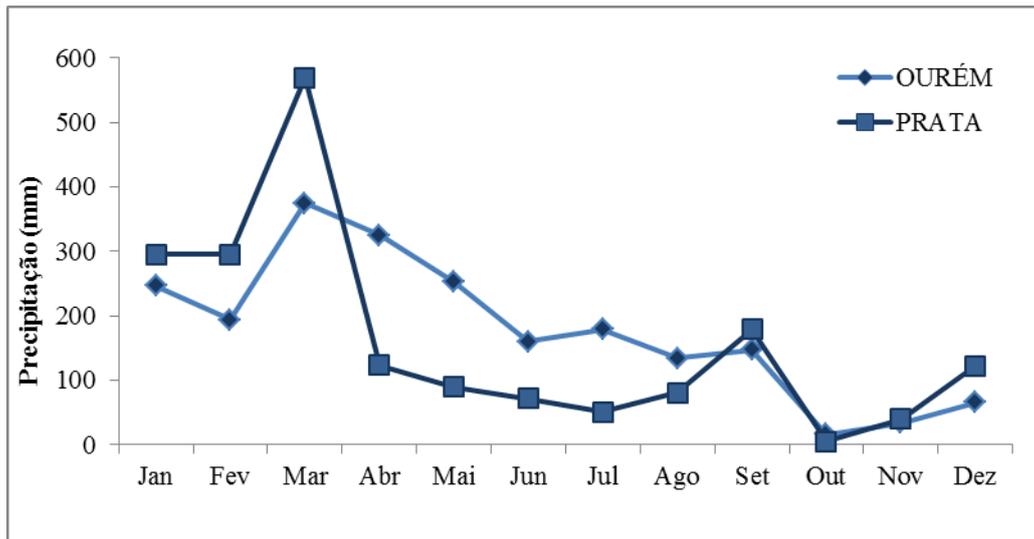


Figura 3 – Pluviogramas mensais de Ourém e do igarapé da Prata.

Através da Figura 3, pode-se observar a similaridade do regime pluviométrico representado pelas duas estações pluviométricas com as precipitações máximas ocorrendo em março e as estiagens ocorrendo entre outubro e dezembro, o que é típico do clima da região (Blanco *et al.* 2013). Assim, pode-se considerar que os dados coletados pela estação pluviométrica do igarapé da Prata são característicos do clima da região analisada.

2.3 Equações para Cálculo do Fator R

2.3.1 Wischmeier & Smith (1965)

O fator energético da chuva, R (Eq. 2), expressa o poder erosivo de um evento de chuva através de sua energia cinética e de sua intensidade máxima de 30 min para o evento considerado. Seu valor pode ser calculado para períodos mensais ou anuais.

$$R = \sum_{i=1}^n E_i \cdot I_{30i} \tag{2}$$

Onde E_i é a energia cinética da chuva do evento i (Mj/ha); I_{30i} é a intensidade da chuva de 30 minutos, mais intensa, ocorrida durante o evento chuvoso i (mm/h); e n é número total de eventos chuvosos do mês considerado no presente estudo.

A fim de se determinar a energia cinética, E_i , foi utilizada a Eq. 3 (RENARD e FREIMUND, 1994).

$$e_m = 0,29[1 - 0,72 \cdot \exp(-0,05 \cdot i_m)] \tag{3}$$

Onde e_m (MJ/ha.mm) é a energia cinética da chuva por unidade de altura de chuva e de área; i_m (mm/h) é a intensidade da chuva; e m é o intervalo de tempo, para o qual a intensidade da chuva, sendo considerada constante, foi calculada no evento chuvoso i .

A energia cinética, E_i , foi calculada usando-se a Eq. 4.

$$E_i = \sum_{m=1}^k e_m h_m \tag{4}$$

Onde h_m (mm) é a altura de chuva para cada intervalo de tempo do evento chuvoso i ; e k é o número total de intervalos de tempo do evento chuvoso i . Nesse caso, foram consideradas chuvas

erosivas aquelas, apresentando altura total precipitada igual ou superior a 10 mm (Wischmeier & Smith, 1965).

2.3.2 Equações de R para a região da pequena bacia hidrográfica

Silva 2004 apresentou um mapa do Brasil (Figura 4), mostrando equações para cálculo do fator R abrangendo áreas do país. Por comparação ao mapa de localização da pequena bacia do Igarapé da Prata (Figura 1), pode-se observar que a pequena bacia localiza-se em uma região de fronteira entre as regiões 2 e 3. Na região 2, é indicado o uso da equação de Morais *et al.* (1991). Já para a região 3, indica-se o uso da equação de Oliveira Jr. (1988). Assim, a comparação com os resultados da Equação 2, definiu qual a equação mais adequada para a determinação do fator R da pequena bacia do Igarapé da Prata. Na Figura 4, p_m é a precipitação mensal média (mm); e p_a é a precipitação anual média (mm).



Nº no mapa	Equação	Autor (es)	Numeração sequencial neste texto
1	$EI_{mensal} = 3,76 \cdot \left(\frac{P_m^2}{P_a} \right) + 42,77$	Oliveira Jr. & Medina (1990)	(8)
2	$EI_{mensal} = 36,849 \cdot \left(\frac{P_m^2}{P_a} \right)^{1,0852}$	Morais <i>et al.</i> (1991)	(9)
3	$EI_{mensal} = 0,66 \cdot P_m + 8,88$	Oliveira Jr. (1988)	(10)
4	$EI_{mensal} = 42,307 \cdot \left(\frac{P_m^2}{P_a} \right) + 69,763$	Silva (2001)	(11)
5	$EI_{mensal} = 0,13 \cdot P_m^{1,24}$	Leprun (1981)	(12)
6	$EI_{mensal} = 12,592 \cdot \left(\frac{P_m^2}{P_a} \right)^{0,6030}$	Val <i>et al.</i> (1986)	(13)
7	$EI_{mensal} = 67,355 \cdot \left(\frac{P_m^2}{P_a} \right)^{0,85}$	Lombardi Neto & Moldenhauer (1980)	(14)
8	$EI_{mensal} = 14,20 \cdot P_m + 19,55$	Rufino <i>et al.</i> (1993)	(15)

Figura 4 - Equações usadas no Brasil para determinação do fator R .

Fonte: Silva, 2004.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os cálculos realizados para obtenção do Fator de Erosividade da Chuva, R , foram obtidos através da Eq. 2 (Wischmeier & Smith, 1965) com auxílio das Eqs. 3 e 4; da equação de Morais *et al.*, 1991; e da equação de Oliveira Jr., 1988. A essas equações foram aplicados os dados dos eventos chuvosos ocorridos nos meses de janeiro de 2012 a fevereiro de 2013, na pequena bacia do igarapé da Prata, considerando a precipitação total e as precipitações que foram superiores a 10 mm.

A Figura 5 mostra a comparação dos resultados. Nesse caso, a Equação apresentada por Morais *et al.*, 1991 aproxima-se mais dos resultados obtidos através da Equação original de Wischmeier & Smith, 1965, para os meses de janeiro e fevereiro; e para os meses entre agosto e dezembro. A exceção faz-se para o mês de março, para o qual, a Equação de Morais *et al.*, 1991, superestima o R calculado com a Equação original; e para os meses entre abril e julho, ocorrendo a subestimação dos valores de R calculados com a Equação de Morais *et al.*, 1991.

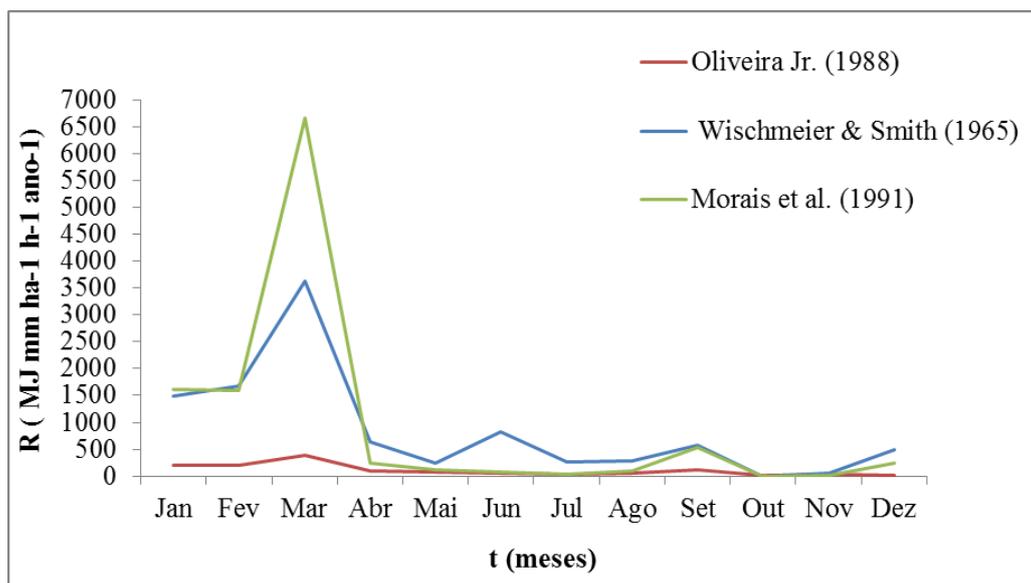


Figura 5 – Gráficos do fator de erosividade da chuva R

4. CONCLUSÕES

Na Amazônia, até o momento, poucos estudos foram realizados para estimar a perda de solo. Isto se agrava pelo fato de ser um trabalho extremamente laborioso e oneroso, motivando com isso a modelagem da produção de sedimentos através de modelos empíricos, dentre os quais os modelos USLE e RUSLE, os quais dependem, por exemplo, da determinação do fator energético da chuva, R . Nesse contexto, o presente trabalho testou o Fator Energético da Chuva R , através de três equações disponíveis na literatura com dados de precipitação da pequena bacia hidrográfica do igarapé da Prata, localizada no município de Capitão Poço, nordeste paraense.

Os resultados demonstraram que a Equação de Morais *et al.*, 1991 simulou melhor o fator R , quando compara à Equação proposta por Oliveira Jr., 1988. Isso em relação à Equação original proposta por Wischmeier & Smith, 1965, a qual é a mais adequada para determinação daquele fator. Entretanto, essa equação depende de dados de precipitação de 30 min., o que nem sempre é simples de se conseguir na Amazônia. Assim, comprovou-se que a Equação de Morais *et al.*, 1991, que depende de dados de precipitação mensais e anuais médios, mais simples de se conseguir; é mais adequada para utilização no nordeste paraense do que a proposta por Oliveira Jr. 1988.

A definição supramencionada pelo presente trabalho tem suas limitações tais quais: o período de dados analisados, ou seja, apenas um ano; e a análise de dados de apenas uma bacia hidrográfica.

Entretanto, contribui para a avaliação de modelos empíricos de mais simples uso, visando uma melhor análise da perda de solo na Amazônia.

AGRADECIMENTOS

Agradece-se ao INCT-EREEA através do CNPq pelo financiamento de uma bolsa ITI-A; e através da CAPES pelo financiamento de uma bolsa de mestrado. Agradece-se também à CAPES o financiamento de uma bolsa de doutorado. Agradece ainda, à FAPESPA - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Pará pelo apoio financeiro através do projeto No 122/2009, intitulado “Modelagem experimental da produção de sedimentos de pequenas bacias hidrográficas da Amazônia”, a qual disponibilizou os recursos financeiros necessários para instalação da Estação Pluviométrica na bacia do Igarapé da Prata.

REFERÊNCIAS

BLANCO, C.J.C.; SANTOS, S.S.M.; QUINTAS, M.C.; VINAGRE, M.V.A.; MESQUITA, A.L.A. *Contribution to hydrological modelling of small Amazonian catchments: application of rainfall-runoff models to simulate flow duration curves. Hydrological Sciences Journal*, v. 58, n. 7, p. 1423-1433, 2013.

BROOKS, K. N.; FFOLIOTT, P. F.; GREGERSEN, H. M. & THAMES, J. L. *Hydrology and the management of watersheds. Ames, Iowa State University Press, 1991. 392p.*

CARVALHO, D. F. de; MONTEBELLER, C. A.; FRANCO, E. M.; VALCARCEL, R.; BERTOL, I. *Padrões de precipitação e índices de erosividade para as chuvas de Seropédica e Nova Friburgo, RJ. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.9, p.7-14, 2005.

MORAIS, L. F. B.; SILVA, V.; NASCHENVENG, T.M.C.; HARDOIN, P.C.; ALMEIDA, J.E.L.; WEBER, O.L.S.; BOEL, E.; DURIGON, V. *Índice EI30 de chuva e sua relação com o coeficiente de chuva do sudoeste de Mato Grosso. Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.15, p. 339-344, 1991.

OLIVEIRA Jr., R. C. *A Erosividade das Chuvas na Parte Leste do Estado do Pará. Belém: FCAP, 1988. 52 f. (Dissertação de Mestrado).*

PAIVA, E. M. C. D. *Métodos de Estimativa da Produção de Sedimentos em Pequenas Bacias Hidrográficas. In: PAIVA, J.B.D.; PAIVA, E.M.C.D (Orgs.). Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas. Porto Alegre: ABRH/UFSM. cap. 13, p.365-394, 2003.*

RENARD, K. G.; FREIMUND, J. R. *Using monthly precipitation data to estimate the R-factor in the revised USLE. Journal of Hydrology*, v.157, p.287-306, 1994.

SILVA, A. M. *Rainfall erosivity map for Brazil. Catena*, v.57, p.251-259, 2004.

SIMÕES, S. J. C.; COIADO, E. M. *Processos Erosivos. In: PAIVA, J.B.D.; PAIVA, E. M. C. D (Orgs.). Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas. Porto Alegre: ABRH/UFSM, cap. 10, p.283-293, 2003.*

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. *Predicting rainfall erosion losses from cropland east of the Rocky Mountains. Agriculture Handbook no. 282, USDA, Washington DC, USA, 1965.*