

1988/034

OLI

1988

TS-1988/034

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS DO PARÁ

A EROSIVIDADE DAS CHUVAS NA PARTE LESTE DO ESTADO DO PARÁ

Raimundo Cosme de Oliveira Junior

Belém

1988

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS DO PARÁ

A EROSIVIDADE DAS CHUVAS NA PARTE LESTE DO ESTADO DO PARÁ

Raimundo Cosme de Oliveira Junior

Belém
1988

TS
34/88
OLI

A EROSIVIDADE DAS CHUVAS NA PARTE LESTE DO ESTADO DO PARÁ

Raimundo Cosme de Oliveira Junior
Engenheiro Agrônomo

Tese apresentada à Coordenadoria da Área de Concentração em
Ciência do Solo do Curso de Mestrado em Agropecuária Tropi -
cal para a obtenção do grau de MESTRE.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS DO PARÁ
Belém
1988

À minha esposa, Betania .

Aos meus filhos, Carolina, Daniel e

Diego

Aos meus pais, Cosme e Denisa

A meus irmãos.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária e a Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, pela oportunidade de realização do curso.

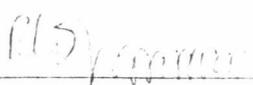
Aos professores Rui de Souza Chaves, Benjamin Fernandez Medina e José Maria Albuquerque, pela valiosa orientação, críticas e sugestões e colaboração na língua inglesa, respectivamente.

Aos professores e colegas do curso de Pós-Graduação, pelo apoio e amizade.

A Adrirosio e Lúcia, pela boa vontade e esforço na obtenção dos dados.

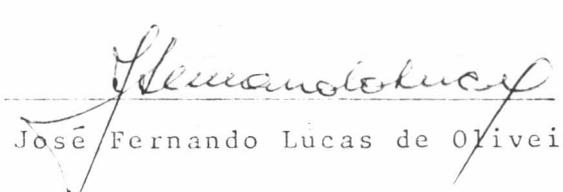
A todos aqueles que, direta e indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

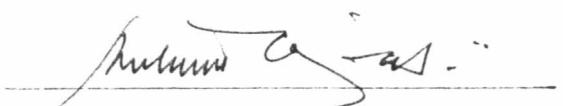
Esta Tese foi submetida ao Conselho de Pós-Graduação da Faculdade de Ciências Agrárias do Pará como requisito necessário à obtenção do Grau de MESTRE EM AGROPECUÁRIA TROPICAL, Área de Concentração em CIÊNCIA DO SOLO, outorgado pela Faculdade de Ciências Agrárias do Pará.


Raimundo Cosme de Oliveira Junior

Tese Aprovada em: 25 / 10 / 88


Prof. Rui de Souza Chaves
Orientador


Prof. José Fernando Lucas de Oliveira


Dr. Antonio Carlos Costa Pinto Dias

A EROSIVIDADE DAS CHUVAS NA PARTE LESTE DO ESTADO DO PARÁ

S U M Á R I O

	P.
1- <u>INTRODUÇÃO</u> -----	1
2- <u>REVISÃO DE LITERATURA</u> -----	3
3- <u>MATERIAL E MÉTODOS</u> -----	10
4- <u>RESULTADOS E DISCUSSÃO</u> -----	16
5- <u>CONCLUSÕES</u> -----	45
6- <u>ABSTRACT</u> -----	48
7- <u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u> -----	48

LISTA DE TABELAS

TABELA	Pag.
1 - Relação das estações pluviográficas utilizadas com suas características	11
2 - Cálculo da energia da chuva, mostrada na Figura 4 com o respectivo índice de erosividade.	15
3 - Relação do número de meses completos usados nos cálculos dos valores do índice de erosão.	17
4 - Valores mensais e anuais do índice de erosividade (R) para o Município de Bragança.	19
5 - Valores mensais e anuais do índice de erosividade (R) para o Município de Marabá.	20
6 - Valores mensais e anuais do índice de erosividade (R) para o Município de Tucuruí.	21
7 - Valores mensais e anuais do índice de erosividade (R) para o Município de Cametá.	22
8 - Valores mensais e anuais do índice de erosividade (R) para o Município de Conceição do Araguaia.	23
9 - Valores mensais e anuais do índice de erosividade (R) para o Município de Paragominas.	24
10 - Valores mensais e anuais do índice de erosividade (R) para Belém.	25
11 - Precipitações médias mensais e valores médios mensais, médios estacionais e médio anual do índice de erosividade (FATOR R), para o Município de Bragança.	26
12 - Precipitações médias mensais e valores mensais, médios estacionais e médio anual do índice de erosividade (FATOR R), para o Município de Marabá.	27
13 - Precipitações médias mensais e valores mensais, médios estacionais e médio anual do índice de erosividade (FATOR R), para o Município de Tucuruí.	28

LISTA DE TABELAS

TABELA	Pag.
14 - Precipitações médias mensais e valores mensais, médios estacionais e médio anual do índice de erosividade (FATOR R), para o Município de Cametá.	29
15 - Precipitações médias mensais e valores mensais, médios estacionais e médio anual do índice de erosividade (FATOR R), para o Município de Conceição do Araguaia.	30
16 - Precipitações médias mensais e valores mensais, médios estacionais e médio anual do índice de erosividade (FATOR R), para o Município de Paragominas.	31
17 - Precipitações médias mensais e valores médios mensais, médios estacionais e médio anual do índice de erosividade (FATOR R), para Belém.	32
18 - Precipitações e erosividades mensais no período de 1974-1985, no Município de Bragança.	42
19 - Precipitações e erosividade mensais no período de 1975-1985, no Município de Marabá.	43

LISTA DE FIGURAS

FIGURA	Pag.
1 - Distribuição das estações pluviográficas utilizadas, no Estado do Pará.	12
2 - Modelo do diagrama usado nos pluviógrafos das estações utilizadas, mostrando o processo de tomadas dos dados.	13
3 - Curvas de distribuição do índice de erosividade (FATOR R) e da precipitação para o Município de Bragança.	34
4 - Curvas de distribuição do índice de erosividade (FATOR R) e da precipitação para o Município de Marabá.	35
5 - Curvas de distribuição do índice de erosividade (FATOR R) e da precipitação para o Município de Tucuruí.	36
6 - Curvas de distribuição do índice de erosividade (FATOR R) e da precipitação para o Município de Cametá.	37
7 - Curvas de distribuição do índice de erosividade (FATOR R) e precipitação para o Município de Conceição do Araguaia.	38
8 - Curvas de distribuição do índice de erosividade (FATOR R) e da precipitação para o Município de Paragominas.	39
9 - Curvas de distribuição do índice de erosividade (FATOR R) e da precipitação para o Município de Belém.	40
10 - Distribuição percentual da precipitação e erosividade para os Municípios de Bragança e Marabá.	44

11	Curva de regressão para o Município de Bragança.	pág. 46
12	Curva de regressão para o Município de Marabá.	47

A EROSIVIDADE DAS CHUVAS NA PARTE LESTE DO ESTADO DO PARÁ

RESUMO: A grande utilização das terras da parte leste do Estado do Pará com projetos agropecuários e extrações madeireiras, que de múltiplas formas modificam ou alteram a camada superficial dos solos deixando-os mais vulneráveis a ação da erosão hídrica causada pela chuva, planejou-se este estudo que visa de terminar a erosividade das chuvas nessa região do Estado, como um primeiro passo para um programa de conservação. Para isto, coletou-se os dados pluviográficos existentes em sete municípios dos mais utilizados nesses projetos, a saber: Belém, Bragança, Cametá, Tucuruí, Marabá, Paragominas e Conceição do Araguaia. Usou-se a metodologia de Wischmeier e Smith modificada por Cabeda, para a determinação do índice nos locais acima referidos. Os resultados deste estudo mostraram que: (I) em todos os locais sob consideração o primeiro trimestre do ano contribui com mais de 30% do índice erosivo anual; (II) nos municípios de Bragança e Marabá, a erosividade das chuvas foi de 1.258,9 e 1.418,3 MJ.mm/ha.h.ano, respectivamente; (III) os maiores índices erosivos ocorreram no período de dezembro a agosto; e (IV) encontrou-se, como se esperava, uma alta correlação entre precipitação e valor do fator R, para os Municípios de Bragança e Marabá ($r = 0,99$ e $0,97$, respectivamente).

1- INTRODUÇÃO

A erosão do solo pela chuva é um grave problema de áreas cultivadas em grande parte do mundo. Sua ação é particularmente aguda em áreas declivosas das regiões úmidas e semi-áridas. Nessas últimas regiões, ciclos de seca anual e sazonal que retardam o estabelecimento e manutenção de co-

berturas vegetativas, criam um problema de erosão tão severo como em áreas de fortes chuvas.

Quatro fatores e suas interrelações tem sido considerados os determinantes básicos do grau de erosão. São eles:

(1) clima, principalmente chuva e temperatura; (2) solo, sua resistência inerente à dispersão e sua capacidade de absorção e taxa de transmissão de água; (3) topografia, particularmente o grau e o comprimento do declive; e (4) cobertura, viva ou resíduos de vegetação morta. Qualquer um destes fatores pode assumir valores que, que por si só criariam um problema de erosão. Um solo com uma capacidade de infiltração baixa ou com extrema declividade, quando sem a proteção de plantas de cobertura estará sujeito a altas taxas de erosão, mesmo que em áreas onde as forças erosivas sejam relativamente baixas.

A erosão do solo pela água das chuvas é um processo de duas fases. A primeira é a desagregação das partículas superficiais pelo impacto das gotas da chuva ou pela enxurrada. A segunda é o transporte dessas partículas desagregadas pela enxurrada do seu ponto de origem para um local no declive, onde a deposição ocorre, quando a carga de sedimentos na enxurrada excede sua capacidade de transporte (13). A deposição é um processo seletivo, onde as partículas do solo mais grossas são depositadas primeiro, causando a perda das partículas mais finas, importantes na retenção de umidade e nutrientes (17).

No Brasil, os delitos da erosão são reconhecidos, temidos e revelados desde muito tempo. Euclides da Cunha em 1902, já os menciona, seguindo-se depois a calamidade erosiva da América do Norte no início dos anos 1930, quando se tomou conhecimento e consciência do problema e dos meios de combatê-los (7).

Na década de 40 desenvolveram-se as primeiras medições de campo em Minas Gerais e, especialmente, no sul do país, devidos à iniciativa de MARQUES (29) e aos trabalhos de BERTONI, sobre as primeiras parcelas de erosão em São Paulo, em fins de março de 1943 (26).

Depois, numerosos trabalhos foram feitos pela Seção de Conservação de Solos do Instituto Agronômico de Campinas, de Londrina, no Paraná, do Rio Grande do Sul e de outros Estados, provando a grande vitalidade das equipes de pesquisas do sul do país, onde o perigo de erosão é muito relevante e já se manifesta.

A equação Universal de Perdas de Solo ($A = KR LSC P$), desenvolvida por WISCMEIER & SMITH (41), representa importante suporte para a avaliação das taxas de perdas de solo e para a elaboração de um planejamento de controle da erosão, capaz de manter tais perdas dentro de limites de tolerância aceitáveis. Essa equação vêm sendo muito utilizada nos Estados Unidos, para onde foi desenvolvida, e sua aplicação já ultrapassou as fronteiras do continente americano, havendo sido adotada em vários países com algumas modificações; no Brasil tem tido uma significativa aplicação na pesquisa conservacionista dos últimos anos (2, 23, 31, 34).

Pretendendo somar esforços que permitam a predição de perdas de solo para determinados locais, dados indispensáveis para o planejamento conservacionistas dos solos e na elaboração e execução de projetos agropecuários, este trabalho tem por finalidade:

1- Estudar o fator R (Índice de erosividade das chuvas) da equação universal de perdas de solo, em diferentes locais do Estado do Paraná; e

2- Determinar as curvas de distribuição do Índice de erosividade, durante o ano, para cada local estudado.

2- REVISÃO DE LITERATURA

Os estudos sobre erosão pela chuva começaram nos Estados Unidos em 1914 com o estabelecimento de ensaios experimentais para determinar o efeito de solos, declividade e cultivos sobre a erosão e o escoamento superficial, pelo Prof. M.F. Miller, citado por SMITH E WISCMEIER (37).

Os trabalhos fundamentais procedidos com características da chuva, tais como velocidade da gota, distribuição pe

lo tamanho e a desintegração causada pelo impacto da gota no solo, foram conduzidos por LAWS & PARSONS, do Serviço de Conservação do Solo do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, durante os anos de 1936 a 1940.

No começo da década de 40, equações empíricas foram desenvolvidas para estimar a perda média anual de solo, para diferentes combinações de solos, declividade, cultivos, manejo e práticas conservacionistas.

Trabalhos de pesquisa anteriores sobre erosão causada pela chuva, relataram o efeito de plantas de cobertura na redução da erosão e do escoamento superficial. Um claro entendimento dos fatores fundamentais envolvidos no processo de erosão e desenvolvimento de métodos práticos para mudá-los (37), foi reconhecido como o meio para executar os objetivos de um programa de pesquisa de conservação do solo. E foi sob a orientação e planificação de COOK, que LAWS & PARSONS (24) iniciaram seus trabalhos sobre a velocidade da gota, sua distribuição pelo tamanho e sua energia em relação à intensidade de trabalho pelo qual a energia é fornecida pela queda das gotas da chuva e pela declividade.

Descobertas sobre a energia e momento da chuva em relação à erosão, requeriam o conhecimento de determinados fatores, tais como: massa, forma, velocidade, direção, tamanho e distribuição por tamanho das gotas de chuva.

Medidas diretas do momento da chuva têm sido conseguido pelo uso de balanças de torsão (NEAL & BAVER, citado por SMITH & WISCHMEIER (37)). A distribuição pelo tamanho das gotas em chuva natural foi primeiramente investigado com respeito à erosão como uma fase do desenvolvimento dos simuladores de chuva (24). Essa distribuição, descrita por um parâmetro, D_{50} , e comumente chamado de Diâmetro Médio da Gota.

Distribuição medida por diferentes pesquisadores são frequentemente comparadas pelas relações de diâmetro médio da gota à intensidade da chuva, nos respectivos conjuntos de dados. LAWS & PARSONS (24), encontraram a seguinte relação, combinando dados de outros pesquisadores com os seus próprios:

$$D_{50} = 2,23 \times I^{0,189} \quad (1)$$

em que I é a intensidade da chuva em polegadas por hora. SPILHAUS, citado por SMITH & WISCHMEIER (37), concluiu que uma chuva pode ser completamente descrita pelo diâmetro médio da gota à intensidade da chuva.

Em relação à medida do diâmetro da gota, vários investigadores reconheceram uma relação diferente do diâmetro à intensidade, para diferentes tipos de chuva. Chuvas orográficas, por exemplo, em que as gotas são formadas a baixas altitudes, raramente excedem 2,0mm de diâmetro e a intensidade geralmente ultrapassa 25,0mm/h. O diâmetro médio da gota para essas chuvas são aproximadamente a metade daquelas de chuvas não orográficas de mesma intensidade (4).

Quanto à forma, existem fatores principais que controlam essas características, que são: tensão superficial, pressão hidrostática e pressão aerodinâmica externa (37). A mudança na forma de uma gota de chuva tem importância, do ponto de vista da erosão, na medida em que ela afeta a velocidade (24) e a força de impacto por unidade área (11).

A velocidade de queda das gotas da chuva foi estudada por LAWS para obter informações sobre o papel da chuva na erosão do solo (24). Em chuvas naturais, a turbulência do ar pode aumentar ou diminuir a velocidade de uma gota. Um vento horizontal, por exemplo, aumenta a velocidade terminal das gotas pelo ângulo recíproco ao cosseno do ângulo de inclinação da chuva com a vertical (37). Em estudos de erosão detalhados, onde intensidade, momento e energia da chuva são relatados quanto ao movimento do solo, esse fator não deve ser negligenciado (21).

A energia cinética da chuva é importante em estudos de erosão desde que esta envolve trabalho e muita da energia requerida para executá-lo é derivada da queda das gotas de chuva.

Em análise de regressão realizada sobre dados de ensaios de mais de 10 anos, WISCHMEIER (42), encontrou que o parâmetro da chuva mais altamente correlacionado com perdas de

solo lavrado foi o produto da energia cinética da chuva pela intensidade máxima em trinta minutos, o qual o autor chamou de EI_{30} . Esse parâmetro foi chamado de Índice de Erosão da Chuva, e foi selecionado como o mais apropriado índice de chuva para uso na equação universal de perdas de solo.

A precipitação pluvial é um dos fatores climáticos de maior importância na erosão do solo. O volume e a velocidade da enxurrada dependem da intensidade, duração e frequência da chuva (3).

A equação de regressão de WISCHMEIER e SMITH; para a energia cinética da chuva pode ser escrita, em unidades inglesas, como segue:

$$E_c = 916 + 331 \times \log I \quad (2)$$

onde E_c é a energia cinética em pés. ton/acre/pol., e I é a intensidade da chuva pol./h. Essa equação de regressão apresenta diferenças marcantes com as obtidas por Milhara, no Japão e por Hudson, na Rodésia, citados por ZINELL (46). A razão dessa diferença é que o EI_{30} não explica satisfatoriamente a erosividade das chuvas em zonas tropicais e onde predominam precipitações de origem orográficas (38, 45, 46). Nessas zonas existem ou se estudam parâmetros substitutivos (22). MEDINA & OLIVEIRA JR. (30), num estudo sobre a aplicabilidade de vários índices de erosividade, em Manaus-AM, encontraram que o índice AI_m foi o que mostrou melhor comportamento quando comparados com os índices $EI_{7,5}$ a EI_{45} e KE_{25} .

Sob este aspecto HUDSON (21), constatou que, para chuvas da região tropical, o índice KE_{25} mm (energia da chuva com intensidade superiores a 25 mm/h, é o mais eficiente para estimar a sua erosividade. LAL (23), na Nigéria também constatou que o índice que melhor se correlacionou com perdas de solo foi o AI_m , definido como o produto da máxima intensidade em 7,5 min (I_m) em cm/h e a quantidade de chuva total (A) em cm.

FOURNIER (14) e FOURNIER & HENIN (16), analisando dados de vários locais da Europa, Ásia e Estados Unidos, encontraram uma correlação significativa entre erosão total anual (ton./km²) e o coeficiente chuva, como mostrado abaixo:

$$C = p^2 / P \quad (3)$$

onde p é a precipitação mensal do mês mais chuvoso do ano e P é o total da precipitação anual. A perda de solo foi expressa como se segue:

$$D = a \times C - b \quad (4)$$

em que D é a perda de solo e " a " e " b " são coeficientes cuja magnitude depende do coeficiente orográfico (0) da equação abaixo:

$$(0) = H^2 / S \quad (5)$$

onde H é a altura do terreno acima do seu nível base e S é a área projetada deste mesmo terreno. Esse índice foi mais significativamente correlacionado com erosão em climas tropicais do que em climas temperados. LAL (23) alerta, porém, que esse índice não retrata a erosividade para pequenas áreas, particularmente em relação ao manejo do solo.

ROOSE (33) encontrou, na Costa do Marfim, que a erosividade das chuvas foi mais correlacionada com quantidades de chuva e sua análise demonstrou uma relação exponencial entre o índice EI_{30} e quantidade de chuva nas regiões de floresta úmida e linear em regiões de savana.

Durante mais de duas décadas WISCHMEIER & SMITH (44) trabalharam no desenvolvimento de uma equação, cujo objetivo central seria a predição das perdas de solo, avaliadas matematicamente. Estes autores determinaram os valores numéricos para cada um dos seis fatores da equação, em 37 Estados americanos, os quais diferiam de um local para outro.

A utilização da equação veio melhorar as predições de perdas de solo, em uma determinada localidade, sem alterar profundamente, todavia, os conceitos fundamentais e o procedimento da aplicação de equações anteriores (12). Seu modelo é:

$$A = R K L S C P \quad (6)$$

onde:

A (perda de solo), é calculada em toneladas por unidade de área-ano. Pode ser calculado, também, em base de probabilidade, tal como para períodos de um ano, 5 anos, etc. Para isso, o fator R , citado a seguir, deve ser determinado para igual período ou frequência.

R (fator chuva), é o número de unidades do índice de erosão que ocorrem em um ano normal de chuva. O índice de erosão, por sua vez, é a medida da força erosiva de uma chuva específica.

K (fator erodibilidade do solo) é a intensidade de erosão (toneladas de perdas de solo por unidade de área) por unidade do índice de erosão da chuva, para um determinado solo, que é mantido permanentemente sem cobertura, através de operações culturais normais, com declividade de 9% e comprimento de rampa de 21,78 m. O significado do termo de erodibilidade do solo é diferente do de erosão do solo, onde a intensidade das chuvas, pode ser influenciada mais pelo declive, características das chuvas, coberturas vegetais e manejo, do que pelas propriedades do solo (12),

LS (fator topográfico) é a relação esperada de perdas de solo por unidade de área, em um declive qualquer em relação às perdas de solo correspondentes de uma parcela unitária de 21,78 m de comprimento com 9% de declive. Seu valor é expresso pela fórmula:

$$LS = (0,009 \times S + 0,00195 \times S^2) \times L \quad (7)$$

onde L é o comprimento do declive em metros e S é o grau de declividade em porcentagem.

C (fator uso e manejo) é a relação entre perdas de solo de um terreno cultivado, em dadas condições, e as perdas correspondentes de um terreno mantido continuamente descoberto. Para que a equação de erosão seja aplicável dentro de uma ampla faixa de condições climáticas, deve-se ajustar o valor do fator C com as variações de perdas de solo, durante diversos estágios de crescimento das culturas, sendo necessário, para isso, a elaboração de curvas de distribuição do índice de erosão durante o ano, a obtenção de dados de perdas de solo relativas ao período de crescimento e a disponibilidade de tabelas de valores de perdas de solo, relativas ao período de crescimento, aos métodos de cultivo e níveis de produtividade, expressas em porcentagem sobre a perda de solo em campo sem cobertura.

P (fator práticas conservacionistas) é a relação entre as perdas de solo de um terreno cultivado com determinada prá

tica conservacionista e as perdas de solo quando se planta morro abaixo (43, 44).

A equação de perdas de solo de WISHMEIER é, sem sombra de dúvida, o modelo matemático mais usado no mundo para a valiar e predizer perdas do solo superficial pela erosão hídrica. Ela permite isolar e medir cada fator separadamente e assim controlar a erosão: Sua vocação e finalidade principal é a de orientar a escolha do manejo do solo e da água e da melhor técnica conservacionista. Todavia, essa equação tem limitações.

Eis, por conseguinte, algumas limitações da equação de WISCHMEIER :

a) É uma equação de perdas de solo e não de erosão, porque só considera a erosão laminar com pequenos sulcos, mas não a erosão em sulcos numerosos, profundos e em voçorocas. Ela se encarrega da erosão devida ao impacto e salpico das gotas, mas não a erosão provocada pelo arrasto da lama do escoamento superficial que pode ser muito importante no Brasil;

b) Em consequência disto, a equação não aborda o problema do escoamento e não pode determinar a erosão em ravinas dominantes (zonas de serras com fortes declividades), e mesmo a erosão Linear (em sulcos) forte, superior à erosão laminar;

c) Ela se aplica sobretudo:

- nos cálculos de erosão de solos sobre parcelas experimentais e não sobre terrenos de grande dimensões e fortes declives (máximo de 150m de comprimento e 18% de declividade);

- aos solos com argila caolinítica dominante (os vertissolos, por exemplo, foram poucos testados e reagem anormalmente (20)) .Dá-se o mesmo com solos pedregosos: solos bruno não cálcicos, por exemplo, cuja superfície de terra erosiva é tanto menor quanto maior é a quantidade de pedras; e

- os solos com afloramentos dos horizontes B ou C, cujo comportamento não é semelhante a um solo com horizonte A. Com efeito, nesse caso a estabilidade estrutural esta ligada aos óxidos e hidróxidos de ferro e não à matéria orgânica (35);

d) Estabelecida com correlações estatísticas e grande número de chuvas, em mais de vinte anos, a equação não se aplica bem

ã determinação por uma chuva ou por chuvas isoladas. Em zonas semi-áridas, com chuvas irregulares, pouco numerosas, mas fortes, o uso da equação deve se fazer com cuidado; e e) A equação deverá ser adaptadas às condições locais, sobretudo no que concerne aos fatores R e C, muito variáveis segundo os lugares onde são determinados.

3- MATERIAL E MÉTODO

Este trabalho foi desenvolvido na Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, utilizando-se dados de chuvas registradas em pluviogramas provenientes de estações meteorológicas do Estado do Pará.

Os dados disponíveis foram levantados no 2º Distrito de Meteorologia, do Departamento de Meteorologia do Ministério da Agricultura (2º DISME) e no 7º Distrito do Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (7º DNAEE), órgão pertencente ao Ministério das Minas e Energia (Tabela 1). A distribuição das estações utilizadas, no Estado, e referidas na Tabela 1, pode ser vista na Fig. 1.

Os pluviômetros existentes são do tipo IH-modelo 4 e os diagramas utilizados são aqueles de registro diário, com capacidade de 10 mm (Fig. 2).

O critério estabelecido para a leitura foi baseado no registro de cada chuva ocorrida em determinado dia anotando-se a quantidade em mm, para cada intervalo considerado. Ao se encontrar uma interrupção temporária no registro da chuva, anotava-se o valor zero e, posteriormente, caso ocorresse nova chuva, continuava-se a leitura.

O cálculo do índice de erosividade foi feito para as chuvas consideradas erosivas; segundo CABEDA (6), todas as chuvas individuais que apresentam 10 mm ou mais de precipitação total, e aquelas com menos de 10 mm, se a quantidade for maior que 6 mm ou mais em um período de quinze minutos.

O índice de erosão de uma chuva é o resultado do produto da energia total da chuva pela sua intensidade máxima em trinta minutos. Assim, o cálculo da energia da chuva foi fei-

TABELA 1- Relação das estações pluviográficas utilizadas com suas características.

LOCALIDADE	CATEGORIA	LONGITUDE W	LATITUDE S	ALTITUDE m	Nº ANOS	F.ATUAL
BELÉM ¹	EMP	48º 28'	01º 27'	10,00	4	SIM
BRAGANÇA ¹	EMP	47º 10'	01º 05'	36,00	10	SIM
MARABÁ ¹	EMP	49º 09'	05º 21'	95,00	10	SIM
CAMETÁ ¹	EMP	49º 30'	02º 15'	23,90	6	SIM
TUCURUÍ ¹	EMP	49º 43'	03º 43'	40,00	6	SIM
C.ARAGUAIA ¹	EMP	49º 17'	08º 15'	156,85	8	SIM
PARAGOMINAS ²	EMP	47º 28'	02º 59'		4	SIM

1 2º Distrito de Meteorologia (2º DISME)

2 Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE)

EMP- Estação Meteorológica Principal

F.Atual- Funcionamento Atual.



FIGURA 1 - DISTRIBUIÇÃO DAS ESTACÕES PLUVIOGRÁFICAS UTILIZADAS NO ESTADO DO PARÁ .

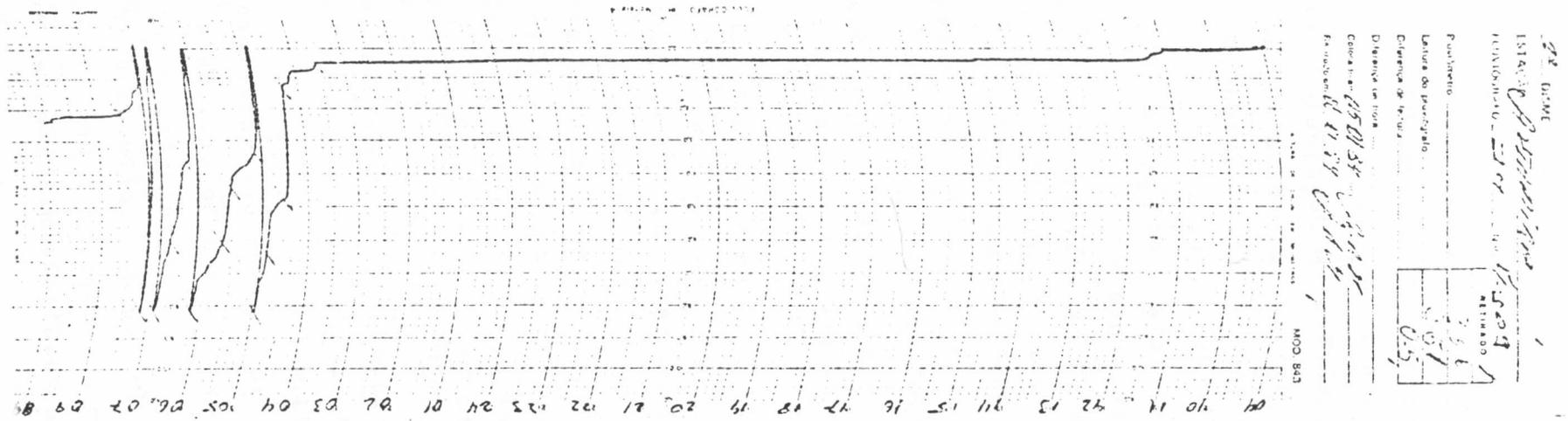


FIGURA 2- Modelo do diagrama usado nos pluviografos das estações utilizadas, mostrando o processo de tomada dos dados.

to através da fórmula:

$$E_c = 12,142 + 8,877 \times \log I \quad (8)$$

onde E_c é a energia cinética em Megajoule/hectare/milimetro (MJ/ha/mm) e I é a intensidade da chuva em mm/h, sendo que a fórmula acima é a equação (2), modificada por CABEDA (6), para o sistema métrico internacional.

O cálculo da energia e do índice de erosividade das chuvas foi obtido do seguinte modo:

- 1- Os pluviogramas foram divididos em intervalos, fazendo-se a leitura da quantidade de chuva, em milimetro, para cada intervalo;
- 2- Determinou-se a intensidade da chuva, para cada um dos intervalos, em mm/h;
- 3- Determinou-se as energias parciais para cada intensidade, nos respectivos intervalos, através da equação (8);
- 4- Somando-se os valores do produto das energias parciais calculadas para cada intervalo, pela altura, em mm, da chuva caída no respectivo intervalo, resulta na energia total da chuva em MJ/ha/mm;
- 5- Selecionou-se no diagrama um período de trinta minutos consecutivos, onde ocorre maior quantidade de chuva, calculando-se a intensidade máxima em trinta minutos (I_{30}), multiplicada por dois; e
- 6- Multiplica-se o valor da energia total pela intensidade em trinta minutos, cujo resultado representa o valor do índice de erosividade para a chuva em estudo, em MJ.mm/ha.h.

Para demonstrar as explicações anteriores, escolheu-se um pluviograma ao acaso, cujo modelo utilizado pelas estações está representado na Fig. 2. Por sua vez, o registro da chuva ilustra o cálculo do índice de erosividade (EI_{30}), mostrado na Tabela 2, feito em um computador CP 500, modelo 80MC, do Departamento de Solos da Faculdade de Ciências Agrárias do Pará.

Para cálculo dos valores médios mensais foi necessário selecionar os meses do ano que apresentaram continuidade de registros. Assim, os meses incompletos foram descartados e,

TABELA 2- Cálculo da energia da chuva, mostrada na Figura 4 com o respectivo índice de erosividade

HORA	CHUVA mm	TEMPO (min)	INTENSIDADE (mm/h)	ENERGIA /mm	CINÉTICA /ha
3:31	-----	-----	-----	-----	-----
4:19	0,7	48	0,9	11,74	8,22
4:30	3,6	11	19,6	23,62	85,02
4:50	1,6	20	4,8	18,19	29,10
4:59	1,8	9	12,0	21,72	39,10
5:00	3,4	1	204,0	32,65	111,00
5:30	1,0	30	2,0	14,82	14,82
5:40	1,6	10	9,6	20,86	33,38
6:11	2,2	31	4,2	17,68	38,89
6:20	3,6	9	24,0	24,40	87,83
6:40	2,4	20	7,2	19,75	47,41
6:53	2,2	13	10,2	21,10	46,41
7:10	8,2	17	28,9	25,11	205,92
7:20	1,4	10	8,4	20,35	28,49
7:31	0,8	11	4,4	17,86	14,28
TOTAL	34,5	240			789,87

$$R = E \times I_{30} \times 10^{-3}$$

$$R = 789,87 \times 20,8 \times 10^{-3} = 16,43 \text{ MJ.mm/ha.h}$$

$$E = 11,74 + 18,87 + 23,62 + 18,19 + 21,72 + 32,65 + 14,82 + 20,86 + 17,68 + 24,40 + 19,75 + 21,10 + 25,11 + 20,35 + 17,86 = 251,91$$

$$EC = 11,74 \times 0,7$$

$$EC = 8,22 \text{ MJ/ha. mm}$$

portanto, as médias mensais foram calculadas de acordo com o número de meses completos durante o período disponível, nos diferentes locais (Tabela 3).

O fator R é um índice numérico que expressa a capacidade das chuvas que caem em um determinado local para erodir o solo de um terreno. Somando-se os valores do índice de erosividade das chuvas que ocorrem durante o ano, resulta o seu valor para aquele local. Assim, o valor do fator R representativo de cada local, é calculado pela soma dos valores médios dos doze meses do ano.

Determinou-se para todos os locais estudados, as curvas de distribuição do índice de erosividade durante o ano. Os seus valores médios mensais foram expressos como percentuais do valor anual e colocados, acumulativamente, contra o tempo.

4- RESULTADOS E DISCUSSÃO

Existem no Estado do Pará estações meteorológicas munidas de pluviôgrafo, com todas no momento em funcionamento. A Figura 1 ilustra a distribuição das estações de onde foram obtidos dados para o presente estudo, de acordo com os municípios do Estado escolhido.

O fator R, que se pretende obter para um local, deve ser o valor médio anual, baseado no maior número possíveis de anos de registros de chuva. Segundo LEPRUN (26) o período mínimo de confiabilidade seria de dez anos. Porém, deve-se acentuar que, além do acúmulo de dados estes dependeriam da normalidade e frequência da observação. Contudo, apesar de que em alguns locais a disponibilidade de dados ser pequena, ainda é justificável o uso deles no cálculo do fator, idéia esta também compartilhada por HUDSON (21).

Neste estudo, analisou-se todos os dados possíveis, e eliminando aqueles sujeitos a várias espécies de erros, como ausência de pluviogramas, dificuldades de leituras e falhas no registro (Tabela 3).

Considerando que a energia total da chuva é o resulta

do da soma dos valores parciais, supõem-se haver uma tendência das maiores energias corresponderem aos maiores períodos ' de ocorrência das chuvas. WISCHMEIER (43) e WISCHMEIER & SMITH (44), porém relatam que existe uma baixa correlação entre ' quantidade e intensidade da chuva. As chuvas com maior duração e/ou quantidade não são, necessariamente, as que apresentam maior índice de erosividade.

Os valores da erosividade das chuvas devem ser estimados preferencialmente, em um período dilatado, confiável, não sendo válido esperar igual representatividade e precisão para determinado mês ou ano específico.

As Tabelas de 4 a 10 apresentam os valores mensais, anuais e médios do índice de erosividade, que representa o fator R, para os diferentes locais. Como se observa os resultados ' anuais apresentam grande variações, evidenciando mais uma vez, a necessidade de um número elevado de anos de registros, para que o valor do FATOR R, não sofra um desvio acentuado da média real.

De modo geral, os maiores valores médios do índice de erosividade ocorreram no período de dezembro à abril, com valores de 75,7 e 561,9 MJ.mm/ha.h., respectivamente (Tabelas de 11 a 17). Entretanto, o período que representa a maior contribuição anual, estende-se de outubro à maio com exceção de Bragança, onde a maior contribuição ocorre no período de janeiro a junho.

Como se observa nessas tabelas, a erosividade é máxima no período de janeiro a março, e mínima no de julho a setembro, em todos os Municípios estudados. Em todas as localidades estudadas, o primeiro trimestre do ano contribui com mais de 30% do índice erosivo anual.

A presença de chuvas de grande intensidade e distribuidas durante este período (janeiro a março), justifica o elevado índice de erosividade estacional nesta época do ano.

Evidencia-se assim, que a tendência observada da ocorrência de índices de erosividade elevados no primeiro trimestre do ano, tradicionalmente utilizado pelos agricultores para o preparo das terras e plantio, multiplica o efeito destrutivo das chuvas locais por dois motivos: em primeiro lugar estas se abatem com grande energia cinética sobre os solos to

TABELA 4- Valores mensais e anuais do índice de erosividade (R) para o Município de Bragança.

BRAGANÇA													
ANOS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
1974	192,98	316,95	470,35	116,00	196,98	87,75	19,77	0,66	22,62	— ¹	— ¹	— ¹	1.404,06
1975	78,29	351,14	378,00	622,65	155,23	215,31	137,35	178,50	9,16	— ¹	— ¹	22,07	2.147,70
1976	108,43	67,64	91,38	20,39	13,22	10,86	3,12	6,72	— ¹	— ¹	— ¹	— ¹	321,76
1977	21,46	7,17	— ¹	22,62	65,40	48,29	1,69	7,97	— ¹	— ¹	— ¹	36,87	231,47
1978	88,61	109,06	175,75	222,62	162,30	78,13	62,74	88,50	4,16	— ¹	— ¹	— ¹	991,87
1979	81,71	181,00	262,70	362,00	104,15	220,68	76,82	21,17	22,31	— ¹	— ¹	— ¹	1.332,44
1980	70,30	678,19	232,85	195,86	92,81	167,77	78,52	25,04	— ¹	— ¹	19,98	— ¹	1.561,24
1982	258,00	— ¹	192,96	171,72	137,41	98,26	63,50	43,09	— ¹	— ¹	— ¹	— ¹	964,94
1984	46,56	132,60	235,90	243,34	264,87	138,00	87,12	22,88	14,37	67,96	— ¹	10,90	1.264,50
1985	394,29	328,52	483,52	398,76	335,63	60,85	70,84	49,91	6,49	— ¹	— ¹	241,09	2.368,90
MÉDIA	134,06	217,13	252,33	237,58	152,80	112,59	60,15	44,44	5,91	6,80	2,80	33,09	1.258,88

TABELA 5- Valores mensais e anuais do índice de erosividade (R) para o Município de Marabá.

MARABÁ													
ANOS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
1975	403,57	281,47	490,31	265,03	29,74	15,98	30,74	— ¹	95,78	142,71	69,78	91,78	1.916,89
1976	119,85	216,44	364,37	187,14	76,46	— ¹	— ¹	— ¹	14,18	245,90	183,16	122,77	1.530,27
1977	72,23	149,28	77,83	63,99	54,33	— ¹	28,50	8,28	7,02	55,49	25,06	264,45	806,46
1978	273,83	245,69	217,59	87,39	40,82	9,30	— ¹	— ¹	36,07	37,56	90,12	15,31	1.053,68
1979	336,86	117,94	53,99	115,63	27,27	— ¹	6,25	290,79	65,01	8,27	21,91	5,11	1.049,03
1980	91,01	380,25	237,36	218,29	48,47	— ¹	— ¹	10,44	— ¹	61,55	63,20	257,43	1.388,00
1981	371,15	84,95	180,51	178,01	— ¹	38,86	22,59	— ¹	20,49	102,79	241,10	117,13	1.355,58
1982	137,20	128,61	— ¹	154,73	4,91	106,40	— ¹	— ¹	124,28	61,68	— ¹	115,86	833,67
1984	39,80	249,28	615,93	299,14	20,90	13,32	— ¹	3,05	41,26	233,22	97,43	65,19	1.678,52
1985	336,25	644,23	388,99	328,45	94,76	— ¹	— ¹	— ¹	60,06	200,06	178,71	358,81	2.590,32
MÉDIA	218,18	249,81	262,69	189,78	39,77	18,19	8,81	31,26	46,42	114,92	97,05	141,38	1.418,26

TABELA 6- Valores mensais e anuais do índice de erosividade (R) para o Município de Tucuruí.

TUCURUÍ													
ANOS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
1980	201,39	396,58	113,20	178,48	84,42	— ¹	— ¹	— ¹	— ¹	8,75	135,65	127,39	1.245,86
1981	59,18	93,39	335,11	107,26	17,14	— ¹	— ¹	28,43	— ¹	51,41	306,95	20,66	1.019,53
1982	600,80	404,17	436,06	— ¹	149,75	— ¹	34,79	15,40	27,74	15,74	35,36	150,12	1.869,93
1983	82,76	122,93	140,16	54,21	152,91	18,45	6,78	— ¹	— ¹	— ¹	— ¹	109,01	687,21
1984	151,12	750,08	305,02	622,47	157,15	24,43	35,08	30,48	15,46	73,03	30,34	203,16	2.397,82
1985	289,98	323,38	261,05	166,65	176,40	5,17	5,06	13,84	— ¹	41,09	55,05	302,32	1.639,99
MÉDIA	230,87	348,42	265,10	188,18	122,96	8,01	13,62	14,69	7,20	31,67	93,89	152,11	1.476,72

TABELA 7- Valores mensais e anuais do índice de erosividade (R) para o Município de Cametá.

CAMETÁ													
ANOS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
1973	74,08	103,86	121,52	91,92	53,57	62,43	108,55	— ¹	31,84	— ¹	203,30	220,83	1.071,90
1980	121,08	116,96	181,07	240,62	88,14	253,19	61,81	52,96	8,91	— ¹	638,79	20,54	1.784,07
1981	322,58	180,56	27,86	77,49	262,65	11,96	126,89	17,26	129,99	— ¹	17,48	12,16	1.186,88
1983	6,76	42,43	116,70	304,29	72,71	53,38	267,65	77,13	9,54	564,99	18,46	90,69	1.624,93
1984	261,54	132,30	255,67	603,68	586,05	172,16	110,10	101,79	127,89	40,22	164,68	25,22	2.581,30
1985	97,71	96,88	130,32	49,18	118,33	40,08	7,63	65,70	— ¹	— ¹	41,24	129,51	776,58
MÉDIA	147,29	112,16	138,87	227,86	196,92	98,87	113,78	52,47	51,36	100,87	180,67	83,16	1.504,28

TABELA 8- Valores mensais e anuais do índice de erosividade (R) para o Município de Conceição do Araguaia .

CONCEIÇÃO DO ARAGUAIA													
ANOS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
1970	168,46	144,46	79,79	128,42	— ¹	— ¹	— ¹	— ¹	16,32	161,01	131,19	— ¹	829,65
1975	185,53	46,99	158,05	258,05	25,67	12,06	4,11	— ¹	— ¹	44,10	194,50	81,49	1.010,55
1976	41,12	109,33	10,86	71,16	54,92	7,54	— ¹	28,78	75,31	263,27	181,19	— ¹	843,48
1977	113,80	76,77	35,29	79,15	92,24	39,24	— ¹	— ¹	171,96	277,98	385,60	281,12	1.553,15
1978	125,71	292,86	35,92	20,44	326,72	— ¹	— ¹	— ¹	7,86	55,19	59,08	67,25	991,03
197 8	277,99	223,90	253,96	180,81	46,50	— ¹	— ¹	7,57	18,59	88,93	180,89	540,71	1.809,85
198 0	169,10	354,47	186,06	135,05	— ¹	— ¹	— ¹	— ¹	18,12	15,79	163,68	315,18	1.357,45
198 1	33,93	138,49	300,42	128,53	27,16	18,60	— ¹	9,23	43,00	146,71	40,34	86,30	972,71
MÉDIA	139,46	173,41	132,54	125,20	71,65	9,68	0,51	5,70	43,90	131,62	165,81	171,51	1.170,99

TABELA 9- Valores mensais e anuais do índice de erosividade (R) para o Município de Paragominas.

PARAGOMINAS													
ANOS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
1977	46,07	343,81	165,82	101,83	346,30	73,40	48,71	15,22	11,73	— ¹	— ¹	547,96	1.700,85
1982	177,08	316,81	429,72	145,86	— ¹	2,66	— ¹	— ¹	— ¹	17,74	— ¹	141,26	1.231,13
1983	29,57	124,30	58,84	11,28	35,48	— ¹	— ¹	— ¹	— ¹	4,60	— ¹	81,85	345,92
1985	132,72	532,06	195,12	427,49	213,24	54,33	5,08	15,64	— ¹	184,87	130,42	234,77	2.125,74
MÉDIA	96,36	329,24	212,37	171,62	148,76	32,60	13,45	7,72	2,93	51,80	32,60	251,46	1.350,94

TABELA 10- Valores mensais e anuais do índice de erosividade (R) para Belém.

BELÉM													
ANOS	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
1982	419,88	292,79	299,08	352,89	252,00	5,08	74,81	118,20	93,92	16,96	32,05	65,74	2.023,40
1983	180,20	212,37	125,28	159,65	107,86	52,30	96,13	75,16	21,79	164,52	6,82	112,88	1.314,96
1984	305,96	727,68	442,34	103,48	457,84	120,31	101,34	113,88	77,94	65,09	7,26	115,17	2.638,29
1985	384,38	282,87	335,65	319,37	102,55	8,01	101,17	127,03	95,95	43,86	37,21	205,19	2.043,24
MÉDIA	322,60	378,93	300,59	233,85	230,06	46,42	93,36	108,57	72,40	72,61	20,84	124,74	2.004,97

TABELA 11- Precipitações médias mensais e valores médios mensais, médios estacionais e médio anual do índice de erosividade (FATOR R), para o Município de Bragança.

B R A G A N Ç A						
MESES	PRECIPITAÇÃO (mm)	R MJ.mm/ha.h	ESTAÇÃO	R MJ.mm/ha.h	R PERCENTUAL	PERCENTUAL ACUMULADO
JANEIRO	263,9	134,06	JANEIRO			10,65
FEVEREIRO	473,4	217,13	MARÇO	603,52	47,94	27,90
MARÇO	561,9	252,33				47,94
ABRIL	513,3	237,58	ABRIL			66,81
MAIO	366,1	152,80	JUNHO	502,97	39,95	78,95
JUNHO	278,0	112,59				87,89
JULHO	182,7	60,15				92,67
AGOSTO	116,1	44,44	JULHO			96,20
SETEMBRO	24,4	5,91	SETEMBRO	110,50	8,78	96,67
OUTUBRO	9,4	6,80	OUTUBRO			97,21
NOVEMBRO	5,4	2,00	DEZEMBRO	41,89	3,33	97,37
DEZEMBRO	75,7	33,09				100,00
TOTAL	2.870,3	1.258,88		1.258,88	100,00	

TABELA 12- Precipitações médias mensais e valores mensais, médios estacionais e médio anual do índice de erosividade (FATOR R), para o Município de Marabá.

MARABÁ						
MESES	PRECIPITAÇÃO (mm)	R MJ.mm/ha.h	ESTAÇÃO	R MJ.mm/ha.h	R PERCENTUAL	PERCENTUAL ACUMULADO
JANEIRO	342,6	218,18	JANEIRO			15,38
FEVEREIRO	348,4	249,81	MARÇO	730,68	51,52	33,00
MARÇO	332,6	262,69				51,52
ABRIL	301,3	189,78	ABRIL			64,90
MAIO	87,2	39,77	JUNHO	246,81	17,40	67,70
JUNHO	28,4	17,26				68,92
JULHO	12,7	9,74	JULHO			69,61
AGOSTO	13,6	31,26	SETEMBRO	87,42	6,16	71,81
SETEMBRO	52,9	46,42				75,08
OUTUBRO	110,2	114,92	OUTUBRO			83,18
NOVEMBRO	114,0	97,05	DEZEMBRO	353,35	24,92	90,02
DEZEMBRO	236,7	141,38				100,00
TOTAL	1.980,6	1.418,26		1.418,26	100,00	

TABELA 13- Precipitações médias mensais e valores mensais, médios estacionais e médio anual do índice de erosividade (FATOR R), para o Município de Tucuruí.

TUCURUÍ						
MESES	PRECIPITAÇÃO (mm)	R MJ.mm/ha.h	ESTAÇÃO	R MJ.mm/ha.h	R PERCENTUAL	PERCENTUAL ACUMULADO
JANEIRO	348,8	230,87				15,63
FEVEREIRO	515,5	348,42	JANEIRO	844,39	57,17	39,22
MARÇO	394,2	265,10	MARÇO			57,17
ABRIL	328,3	188,18	ABRIL			69,91
MAIO	214,1	122,96	JUNHO	319,15	21,61	78,24
JUNHO	38,7	8,01				78,78
JULHO	35,7	13,62	JULHO			79,70
AGOSTO	27,2	14,69	SETEMBRO			80,69
SETEMBRO	26,8	7,20		35,51	2,40	81,18
OUTUBRO	80,7	31,67	OUTUBRO			83,32
NOVEMBRO	133,1	93,89	DEZEMBRO	277,67	18,82	89,68
DEZEMBRO	214,3	152,11				100,00
TOTAL	2.357,4	1.476,72		1.476,72	100,00	

TABELA 14- Precipitações médias mensais e valores mensais, médios estacionais e médio anual do índice de erosividade (FATOR R), para o Município de Cametã.

CAMETÃ						
MESES	PRECIPITAÇÃO (mm)	R MJ.mm/ha. h	ESTAÇÃO/	R MJ.mm/ha. h	R PERCENTUAL	PERCENTUAL ACUMULADO
JANEIRO	322,8	147,29				9,79
FEVREIRO	315,5	112,16	JANEIRO			17,25
MARÇO	364,4	138,87	MARÇO	398,32	26,48	26,48
ABRIL	419,0	227,86	ABRIL			41,63
MAI	326,3	196,92	JUNHO	523,65	34,81	54,72
JUNHO	178,5	98,87				61,29
JULHO	176,00	113,78	JULHO			68,85
AGOSTO	107,2	52,47	SETEMBRO	217,61	14,47	72,34
SETEMBRO	68,5	51,36				75,75
OUTUBRO	54,7	100,87	OUTUBRO			86,45
NOVEMBRO	191,7	180,67	DEZEMBRO	364,70	24,24	94,46
DEZEMBRO	185,7	83,16				100,00
TOTAL	2.710,3	1.504,28		1.504,28	100,00	

TABELA 15- Precipitações médias mensais e valores mensais, médios estacionais e médio anual do índice de erosividade (FATOR R), para o Município de Conceição do Araguaia.

C. ARAGUAIA						
MESES	PRECIPITAÇÃO (mm)	R MJ.mm/ha. h	ESTAÇÃO	R MJ.mm/ha. h	R PERCENTUAL	PERCENTUAL ACUMULADO
JANEIRO	249,1	139,46				11,91
FEVEREIRO	279,5	173,41	JANEIRO	445,51	38,04	26,72
MARÇO	232,4	132,54	MARÇO			38,04
ABRIL	214,2	125,20				48,73
MAIO	68,0	71,65	ABRIL			54,85
JUNHO	23,0	9,68	JUNHO	206,53	17,64	55,68
JULHO	7,6	0,51	JULHO			55,72
AGOSTO	12,0	5,70	SETEMBRO	50,11	4,28	56,21
SETEMBRO	60,2	43,90				59,96
OUTUBRO	167,2	131,62	OUTUBRO			71,20
NOVEMBRO	188,7	165,81	DEZEMBRO	468,94	40,04	85,36
DEZEMBRO	227,7	171,51				100,00
TOTAL	1.729,6	1.170,99		1.170,99	100,00	

TABELA 16- Precipitações médias mensais e valores mensais, médios estacionais e médio anual do índice de erosividade (FATOR R), para o Município de Paragominas.

PARAGOMINAS						
MESES	PRECIPITAÇÃO (mm)	R MJ.mm/ha. h	ESTAÇÃO	R MJ.mm/ha. h	R PERCENTUAL	PERCENTUAL ACUMULADO
JANEIRO	236,9	96,36				7,13
FEVEREIRO	391,3	329,24	JANEIRO	637,97	47,22	31,50
MARÇO	359,7	212,37	MARÇO			47,22
ABRIL	266,0	171,62				59,92
MAIO	133,1	148,76	ABRIL MAIO	352,98	26,13	70,93
JUNHO	46,4	32,60				73,34
JULHO	16,7	13,45	JULHO			74,34
AGOSTO	26,7	7,72	SETEMBRO	24,10	1,78	74,91
SETEMBRO	21,5	2,93				75,13
OUTUBRO	62,1	51,80	OUTUBRO			78,96
NOVEMBRO	62,7	32,60	DEZEMBRO	335,86	24,87	81,37
DEZEMBRO	164,0	251,46				100,00
TOTAL	1.787,1	1.350,91		1.350,91	100,00	

TABELA 17- Precipitações médias mensais e valores médios mensais, médios estacionais e médio anual do índice de erosividade (FATOR R), para Belém.

BELÉM						
MESES	PRECIPITAÇÃO (mm)	R MJ.mm/ha. h	ESTAÇÃO	R PERCENTUAL	R PERCENTUAL	PERCENTUAL ACUMULADO
JANEIRO	415,8	322,60				16,09
FEVEREIRO	427,3	378,93	JANEIRO	1.002,12	49,98	34,99
MARÇO	493,8	300,59	MARÇO			49,98
ABRIL	335,7	233,85	ABRIL			61,64
MAIO	324,4	230,06	MAIO	510,33	25,46	73,11
JUNHO	123,2	46,42				75,42
JULHO	146,3	93,36	JULHO			80,08
AGOSTO	174,6	108,57	SETEMBRO	274,33	13,68	85,50
SETEMBRO	139,0	72,40				89,11
OUTUBRO	113,9	72,61	OUTUBRO			92,73
NOVEMBRO	83,8	20,84	DEZEMBRO	218,19	10,88	93,77
DEZEMBRO	224,8	124,74				100,00
TOTAL	3.002,6	2.004,97		2.004,97	100,00	

talmente descobertos de vegetação, com seus baixos teores de matéria orgânica destruídos pelas queimadas e, geralmente preparados sem qualquer prática conservacionista que diminua o volume e a velocidade da enxurrada; em seguida, as culturas que eventualmente tenham sua instalação antecipada, ainda não apresentam, isoladamente, nos meses em questão, uma cobertura vegetal efetiva para proteção dos solos, pelo fato de estarem ainda nos estágios iniciais de seu desenvolvimento e crescimento da parte aérea; isto é, os solos não estão eficientemente protegidos contra o impacto das gotas da chuva que atuam na desagregação do solo, e que, segundo ELLISON (10), é a fase mais importante do processo erosivo.

As curvas de distribuição do índice de erosividade mostradas nas Figuras 3, 4, 5, 6, 6, 8 e 9 expressam os valores percentuais da média mensal do índice, para os diferentes meses do ano, em todos os locais estudados. Da mesma forma, elas dão uma idéia da distribuição percentual da erosividade, evidenciando que há diferenças na sua distribuição estacional, como afirma WISCHMEIER (43).

As curvas indicam, também, que até o mês de abril, os diferentes locais apresentam valores acima de 60%, com exceção de Cametã e Conceição do Araguaia, com 41% e 48%, respectivamente. Por outro lado, de abril a setembro, Conceição do Araguaia, Marabá, Tucurí e Paragominas apresentaram um índice de erosividade menor que 15%, enquanto os outros locais, neste período variam de 27% a 34%.

Essa curva nos alerta acerca dos riscos de erosão em qualquer época ou período do ano, mas não nos permite estimar perdas de solo. Porém, elas permitem tomar as providências de forma a minimizar esse risco nos períodos de maior erosividade. Dessa forma, essas curvas objetivam, principalmente, viabilizar a correção do fator C (cultivo - manejo) e P da Equação Universal de Perdas de Solo.

Visualizando-se em conjunto, as curvas de distribuição do índice de erosividade, observa-se que, com exceção das de Cametã e Belém, que possuem uma forma próxima da linear, concordando com as curvas obtidas por WISCHMEIER (45), nos Esta-

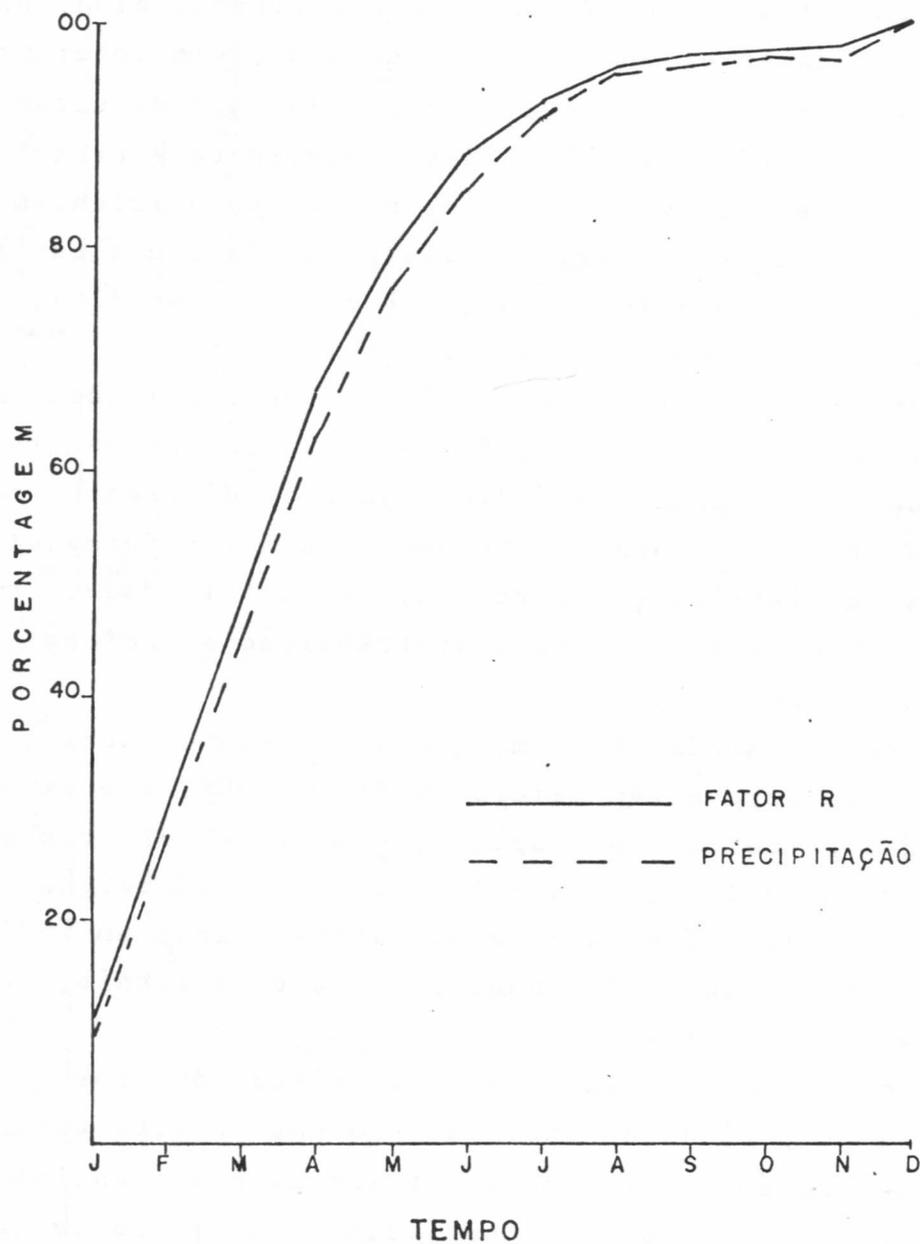


FIGURA 3 - CURVAS DE DISTRIBUIÇÃO DO ÍNDICE DE EROSIVIDADE (FATOR R) E PRECIPITAÇÃO, ACUMULADAS, PARA O MUNICÍPIO DE BRAGANÇA - PA.

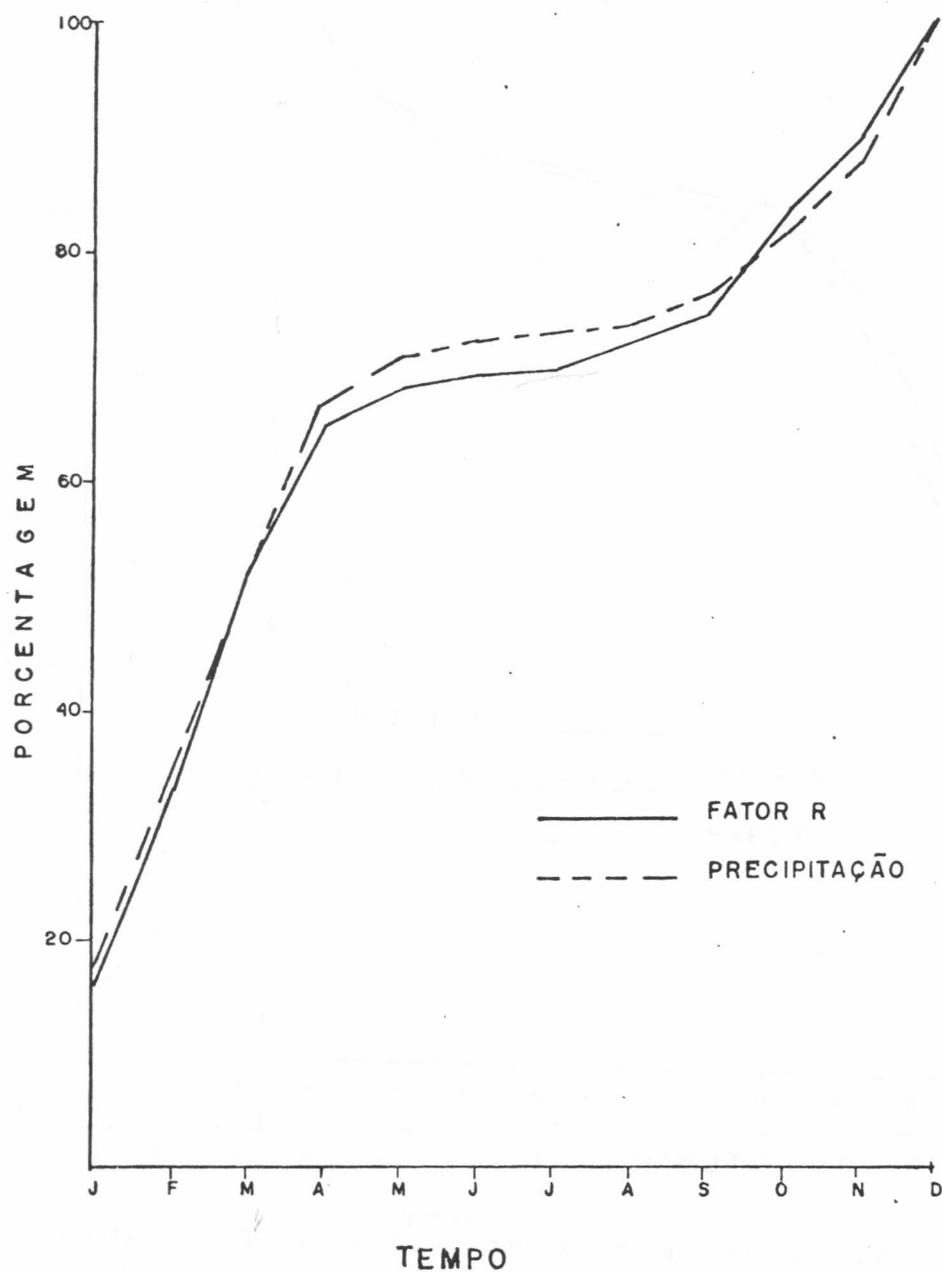


FIGURA 4 - CURVAS DE DISTRIBUIÇÃO DO ÍNDICE DE EROSIVIDADE (FATOR R) E DA PRECIPITAÇÃO ACUMULADAS, PARA O MUNICÍPIO DE MARABÁ - PA .

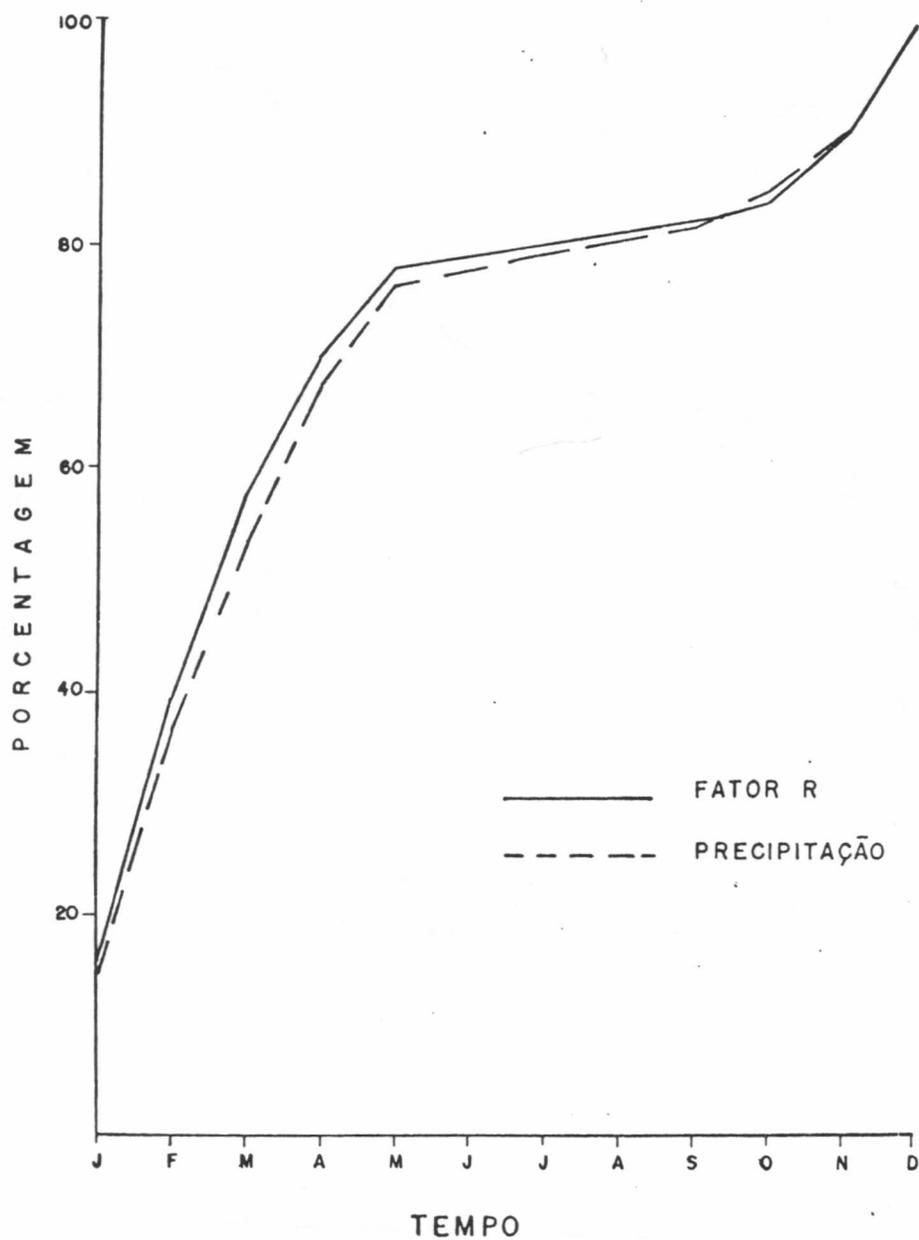


FIGURA 5_ CURVAS DE DISTRIBUIÇÃO DO ÍNDICE DE EROSIVIDADE (FATOR R) E DA PRECIPITAÇÃO, ACUMULADAS, PARA O MUNICÍPIO DE TUCURUÍ - PA.

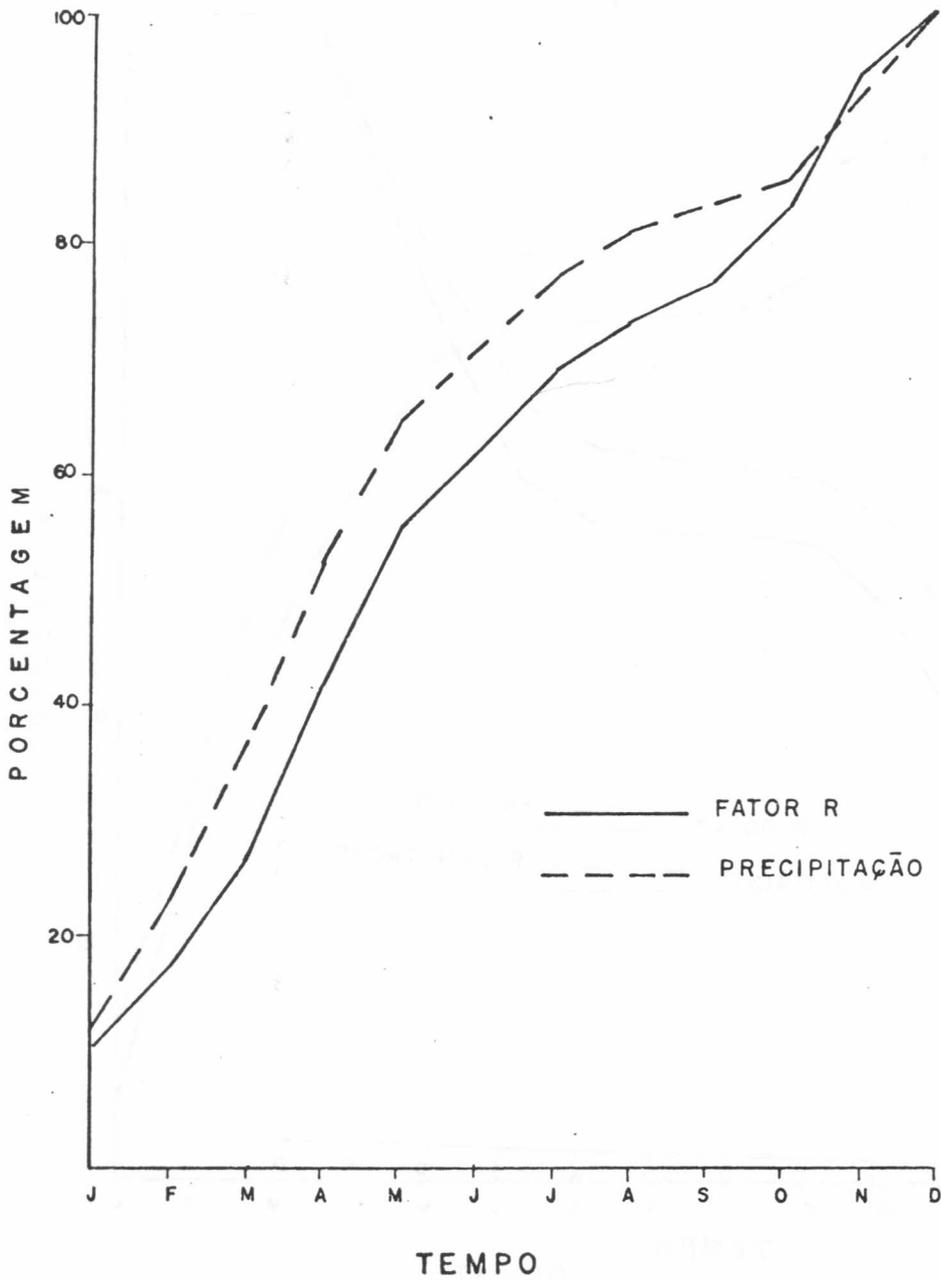


FIGURA 6.- CURVAS DE DISTRIBUIÇÃO DO ÍNDICE DE EROSIVIDADE (FATOR R) E DA PRECIPITAÇÃO, ACUMULADAS, PARA O MUNICÍPIO DE CAMETÁ-PA.

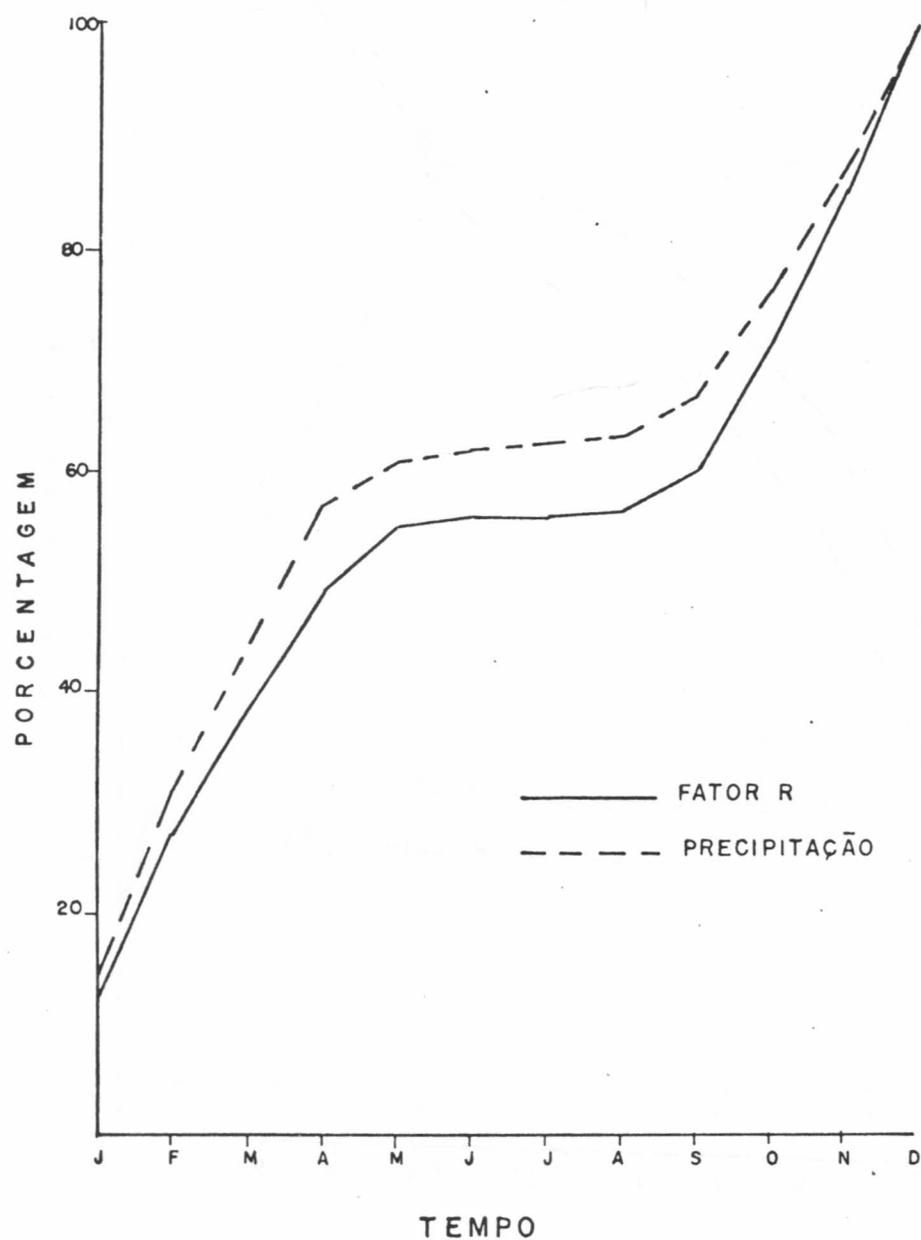


FIGURA 7. CURVAS DE DISTRIBUIÇÃO DO ÍNDICE DE EROSIVIDADE (FATOR R) E PRECIPITAÇÃO, ACUMULADAS, PARA O MUNICÍPIO DE CONCEIÇÃO DO ARAGUAIA - PA.

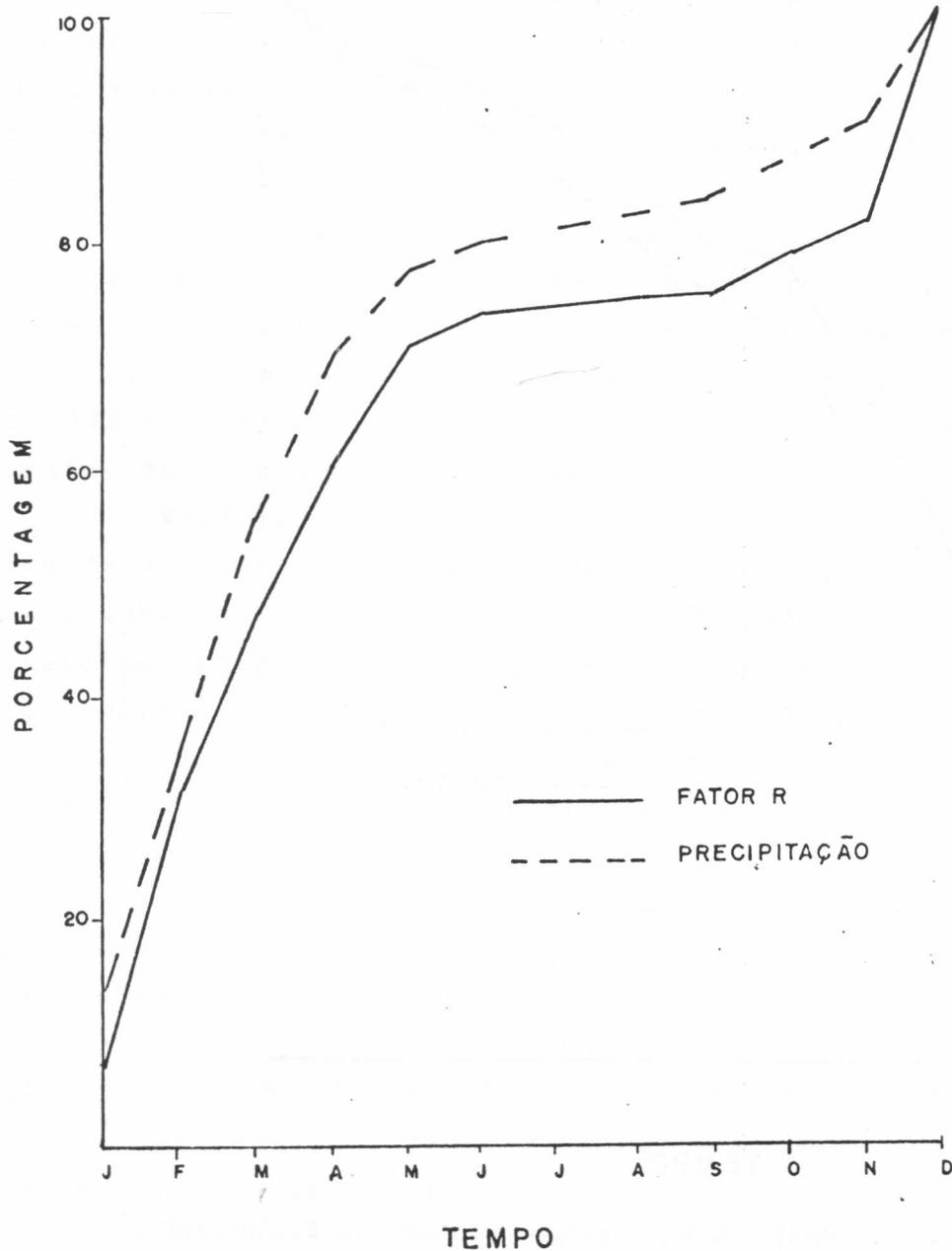


FIGURA 8 - CURVAS DE DISTRIBUIÇÃO DO ÍNDICE DE EROSIVIDADE DE (FATOR R) E DA PRECIPITAÇÃO, ACUMULADAS, PARA O MUNICÍPIO DE PARAGOMINAS - PA.

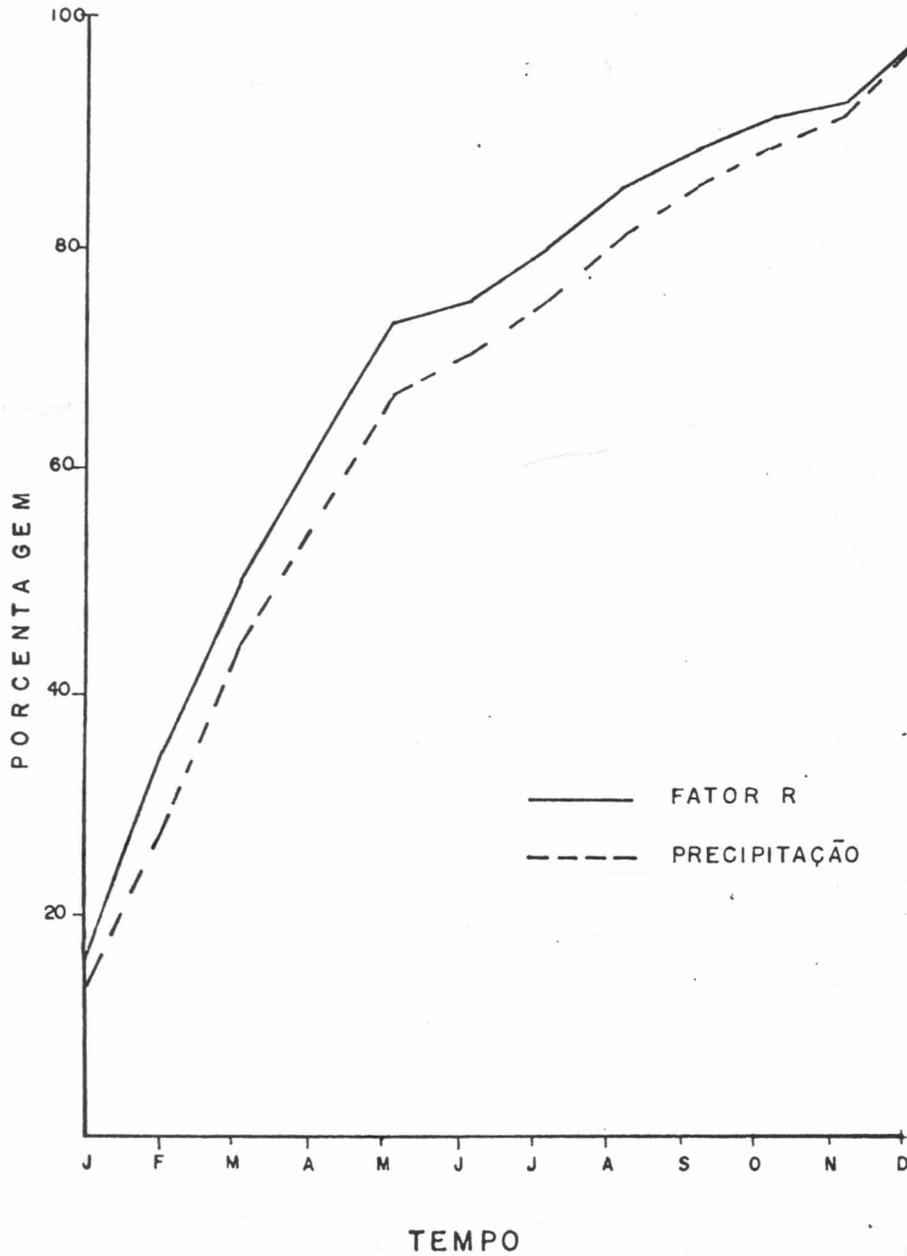


FIGURA 9_ CURVAS DE DISTRIBUIÇÃO DO ÍNDICE DE EROSIVIDADE (FATOR R) E DA PRECIPITAÇÃO, ACUMULADAS, PARA O MUNICÍPIO DE BELÉM - PA

dos Unidos, enquanto as curvas obtidas para os demais municípios se apresentam com uma forma de uma sigmóide; isto é, há uma distribuição anual irregular do índice de erosividade nestes municípios.

Considerando-se que o período mínimo de registros para que os dados sejam tidos como confiáveis seja de dez anos (26, 45), discute-se com mais detalhes os municípios de Bragança e Marabá, visto que, ambos foram os únicos a alcançar este tempo.

Das chuvas ocorridas em Bragança, no período de 1974-1985 (Tabela 18), 86 foram consideradas erosivas, alcançando 85,43% da precipitação total, com um índice de erosividade de 1.258,88 MJ.mm/ha.h. Do mesmo modo, no município de Marabá, 87,23% da precipitação total foi considerada erosiva, com índice de erosividade de 1.418,26 MJ.mm/ha.h. (Tabela 19).

Verificou-se também, que a erosividade mensal aumentou de acordo com a precipitação, com o pico no mês de março, para ambos os municípios; a partir do qual inicia-se um decréscimo, chegando ao mínimo em novembro e julho para Bragança e Marabá, respectivamente (Fig. 10). De acordo com CHAVES & DINIZ (8), esta característica demonstra a predominância de chuvas erosivas em todos os períodos do ano em que ocorrem precipitações.

O conhecimento da distribuição da erosividade e dos períodos críticos onde poderão ocorrer maiores riscos de perdas de solo durante o ano, constitui uma grande contribuição no que diz respeito ao uso e manejo do solo e das culturas (32).

As chuvas de janeiro a abril, apresentaram maior poder erosivo no município de Bragança, visto que o percentual do fator R ultrapassou o de precipitação, fato não observado nos outros meses (Fig. 10). Já para o Município de Marabá, esta observação é válida para os meses de março, agosto, novembro, como se observa também na Figura 10. Isso vem comprovar que nesses meses as chuvas são de intensidade mais elevada, destacando-se o efeito preponderante da intensidade da chuva para caracterizar o seu potencial erosivo (1, 19, 21, 27, 39, 44).

TABELA 18- Precipitações e erosividades mensais no período de 1974-1985, no Município de Bragança - Pa.

MESES	DIAS C/ CHUVAS	DIAS C/CHUVAS EROSIVAS	PRECIPITAÇÃO		FATOR R
			TOTAL	EROSIVA %	
JANEIRO	20	9	263,9	85,84	134,06
FEVEREIRO	24	12	473,4	90,19	217,13
MARÇO	28	15	561,9	91,80	252,33
ABRIL	26	14	513,3	91,20	237,58
MAIO	27	12	366,1	84,70	152,80
JUNHO	25	10	278,0	76,20	112,59
JULHO	21	7	182,7	68,97	60,15
AGOSTO	14	4	116,1	70,04	44,44
SETEMBRO	5	1	24,4	56,42	5,91
OUTUBRO	2	1	9,4	67,73	6,80
NOVEMBRO	2	1	5,4	52,26	2,00
DEZEMBRO	8	2	75,7	82,64	33,09
TOTAL	202	86	2.870,3	85,43	1.258,88

TABELA 19- Precipitações e erosividades mensais no período de 1975-1985, no Município de Marabá-Pa.

MESES	DIAS C/ CHUVAS	DIAS C/CHUVAS EROSIVAS	PRECIPITAÇÃO		FATOR R
			TOTAL	EROSIVA	
JANEIRO	23	10	342,6	84,86	218,18
FEVEREIRO	22	11	348,4	97,27	249,81
MARÇO	21	9	332,6	88,38	262,69
ABRIL	18	8	301,3	90,84	189,78
MAIO	10	3	87,2	76,10	39,77
JUNHO	4	1	28,4	63,82	18,19
JULHO	2	1	12,7	55,90	8,81
AGOSTO	3	1	13,6	57,63	31,26
SETEMBRO	6	2	52,9	79,11	46,42
OUTUBRO	9	4	110,2	84,73	114,92
NOVEMBRO	11	4	114,0	80,92	97,05
DEZEMBRO	18	8	236,7	85,99	141,38
TOTAL	147	62	1.980,6	87,23	1.418,26

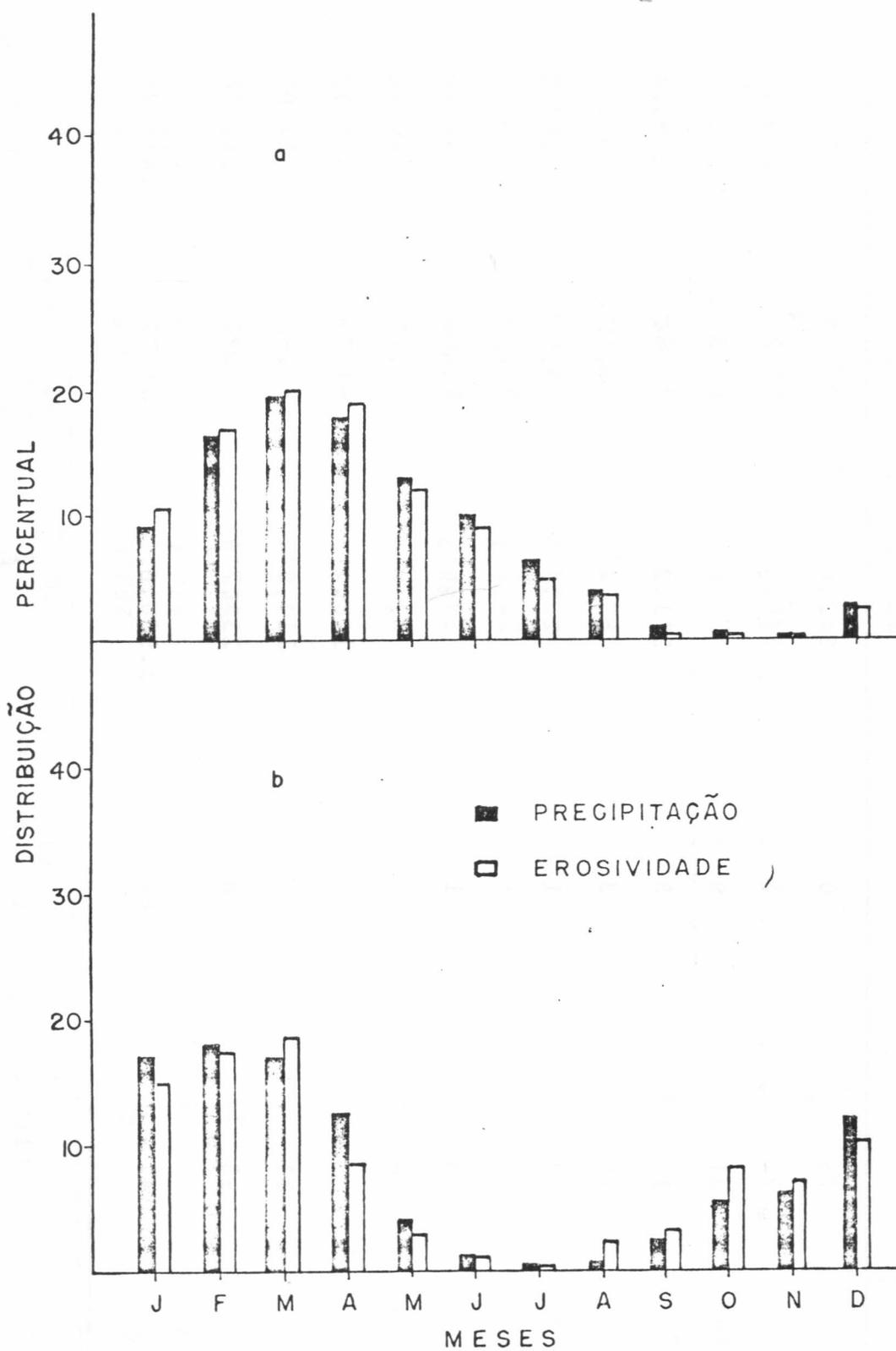


FIGURA 10 — Distribuição percentual da precipitação e erosividade para os Municípios de Bragança-Pa (a) e Marabá-Pa (b).

Correlacionou-se as precipitações mensais (abcissas) com os correspondentes valores do fator R (ordenadas) obtendo-se coeficientes de correlação significativos ao nível de 1% de probabilidade ($r= 0,99$ e $r= 0,97$ para Bragança e Marabá, respectivamente) (Fig. 11 e 12). LEPRUN (26) e VAL (40) encontraram relações semelhantes, trabalhando com chuvas do nordeste brasileiro e da região de Lavras (MG), respectivamente.

5- CONCLUSÕES

O cálculo da erosividade das chuvas nos municípios estudados considerando-se os dados obtidos dos respectivos períodos, conduziram às seguintes conclusões:

- 1- Em todos os locais estudados, o primeiro trimestre do ano contribui com mais de 30% do índice anual;
- 2- Os maiores índices erosivos ocorreram no período de dezembro a agosto;
- 3- A erosividade das chuvas nos municípios de Bragança e Marabá é de 1.258,88 MJ.mm/ha.h.ano e 1.418,26 MJ.mm/ha.h.ano, respectivamente;
- 4- A erosividade das chuvas em todos os municípios estudados é máxima no período janeiro-março e mínima no período julho-setembro;
- 5- As equações de regressão para estimar o fator R, a partir da precipitação, para os municípios de Bragança e Marabá são: $y= 0,46 P - 4,82$ ($r= 0,99$) e $y= 8,88 + 0,66 P$ ($r=0,97$), respectivamente.

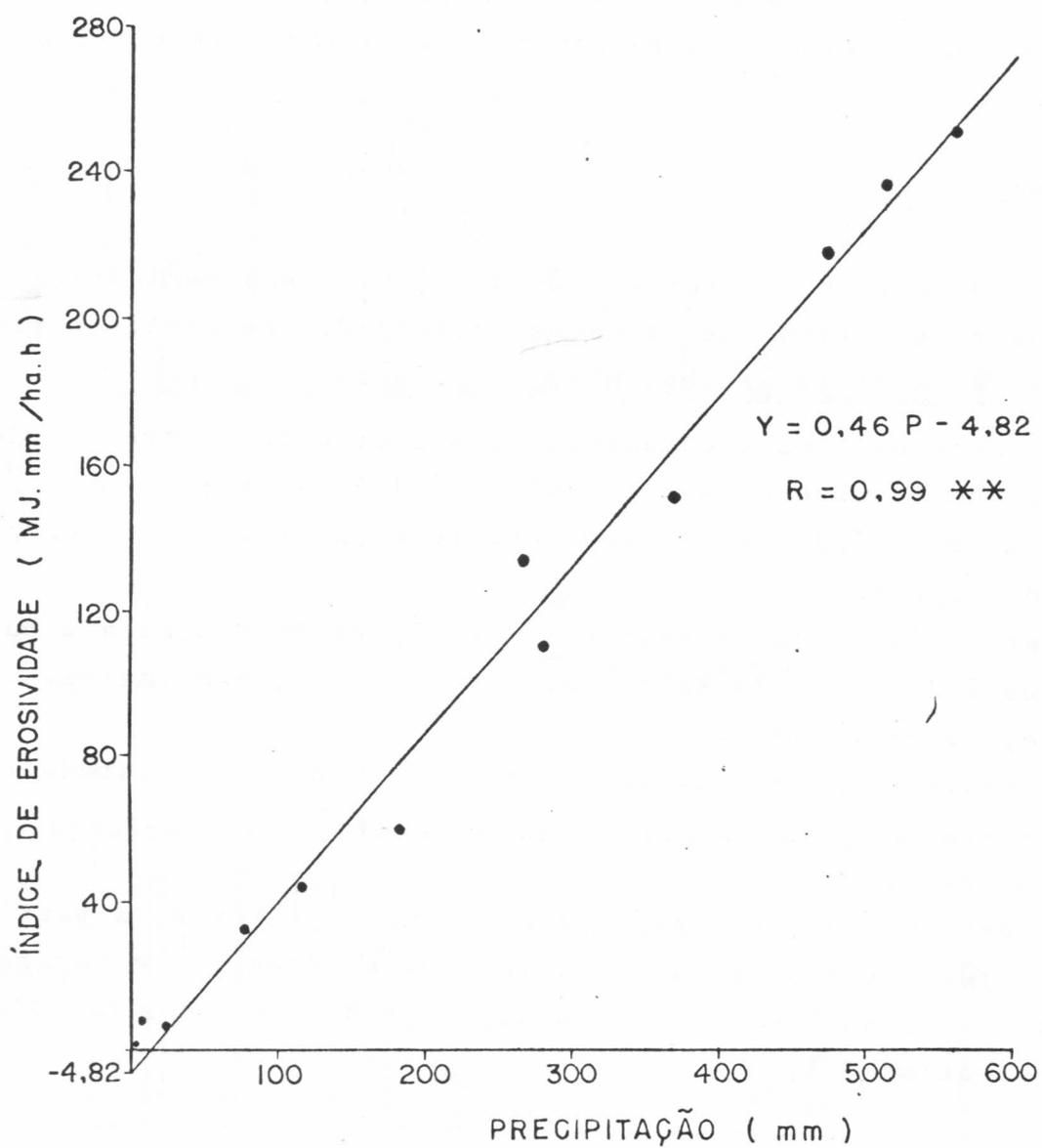


FIGURA 11 — Curva de regressão para o Município de
Bragança - Pa.

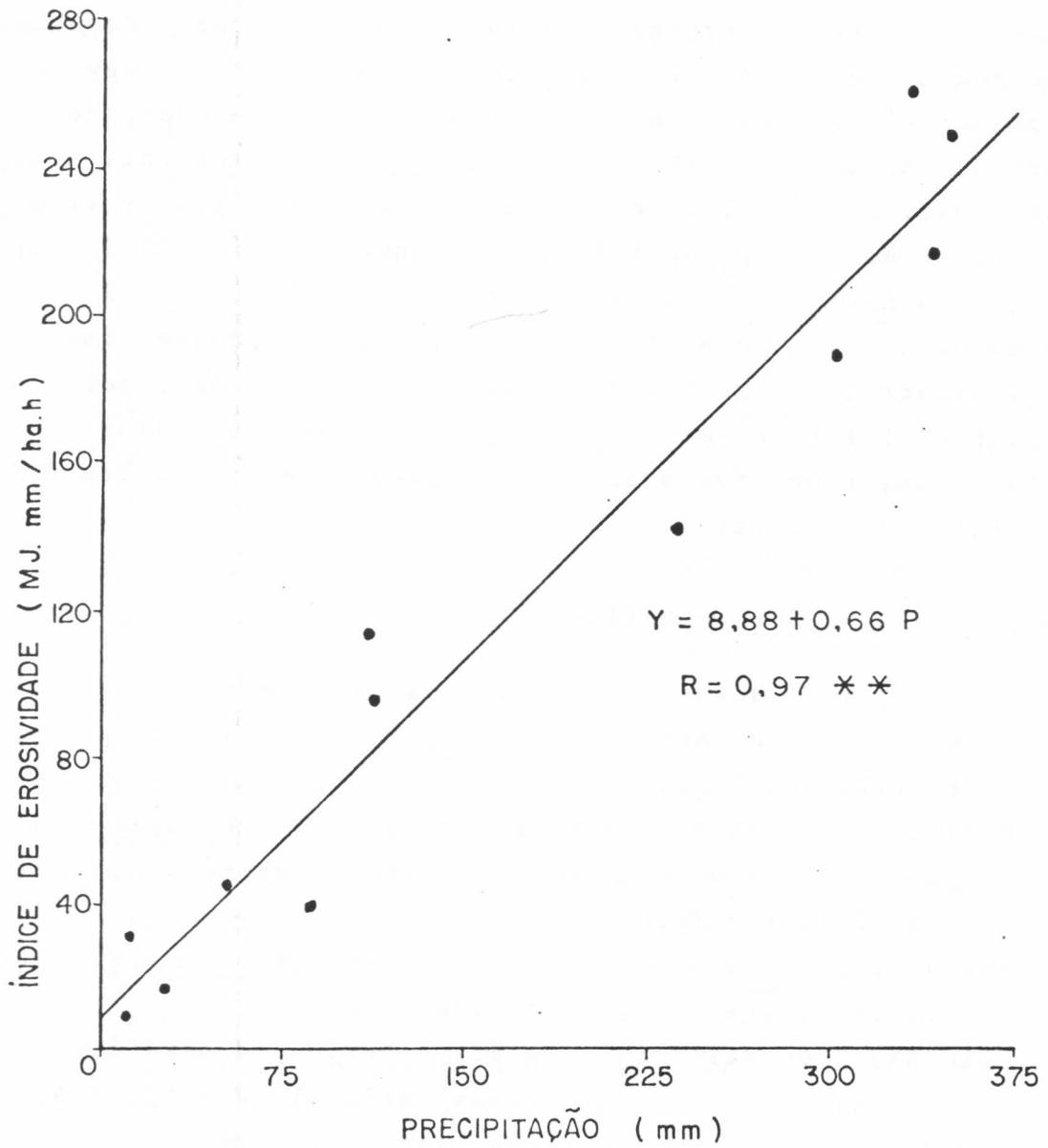


FIGURA 12 — Curva de regressão para o Município de Marabá-Pa.

As large areas of Estado do Pará east were employed on Forestry purposes and cattle raising projects, and these works change in different ways the soil surface, making it weak against rains erosion, so this research was planned in order to know the rains erosion degree, in that region, as the first provision for a conservation pluviographic program. Data were collected in seven places more used in these projects, as Belém, Bragança, Cametá, Tucuruí, Marabá, Paragominas and Conceição do Araguaia. The employed methodology was Wischmeier's and Smith's modified by Cabeda, in order to determine the index of these places. The results of this study show that: 1) in all places studied, the first yearly trimester gives more than 30% for erosive annual index; 2) in Bragança and Marabá the rains erosion was 1.258,9 and 1.418,3 MJ.mm/ha.h year, respectively; 3) the greatest erosive indices have occurred in the period between august and december; 4) a high correlation between precipitation and the value of R fator was found for places of Bragança and Marabá ($r = 0,99$ and $0,97$ respectively).

7- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1- BARNETT, A.P. How intense rainfall affects runoff and soil erosion. Agricultural Engineering, Saint Joseph, 39 (11):703-7, 1958.
- 2- BERTONI, J; LOMBARDI NETO, F BENATTI JR. Equação de perdas de solo. Campinas, Instituto Agronômico, 1975. 240. (Boletim Técnico, 21).
- 3- BERTONI, J.& LOMBARDI NETO, F. Conservação de solo. Piracicaba, Livrocere, 1958. 392p.
- 4- BLACHARD, D.C. Raindrop size-distribution in hawaiian rain. Journal of Meteorology, Pennsylvania, 10:457-63, 1953.
- 5- BROWNING, G.M Development that led to the universal soil loss equation; an historical review. Soil Conservation Society of América, 1977. (Special Publication, 21).
- 6- CABEDA, M.S.V Computação dos valores R e das chuvas naturais. Porto Alegre, UFRGS-Faculdade de Agronomia, 1977. 10p.

- 7- CARDOSO, F.P. Erosão. Revista de Agricultura, Piracicaba, 14: 1-9, 1939.
- 8- CHAVES, I.B. & DINIZ, E.J. Erosividade de chuvas no Estado da Paraíba. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA SOBRE CONSERVAÇÃO DO SOLO, Recife, 1980. Anais. Recife, UFRPe, 1981. p.136-47.
- 9- DEDECK, R.A.; RESCK, D.V.S. ; FREITAS JR, E. de. Perdas de solo, água e nutrientes por erosão em Latossolo Amarelo Escuro dos cerrados em diferentes cultivos sob chuva natural. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 10(3):set /dez., 1986.
- 10- ELLISON, W.D. Studies of raindrop erosion. Agricultural Engineering, Saint Joseph. 25(4):131-6, 181-2. apr. , 1944.
- 11- EKERN, P.C. Raindrop impact as the force initiating soil erosion. Soil Sci. Soc. of Amer., Proc., Madison; 15:7-10, 1943.
- 12- FAO, La erosion del suelo por el agua - algunas medidas para combatirla en las tierras de cultivo. Roma, 1967. 207p. (Cuadernos de Fomento Agropecuario, 81).
- 13- FOSTER, G.R. Modeling the erosion process. In: HAAN, C.T.; ed; JOHNSON, H.P., ed; BRAKENSIER, D.L.; eds. Hydrologic modeling of small water, Saint Joseph, American Society of Agricultural Engineerin, 1982. p.297-382.
- 14- FOURNIER, F. The effect of climatic factors on soil erosion, Estimates of solids transported in suspension in runoff. Association Hydrologic Int. Public, 38, 1956.
- 15- FOURNIER, F. Conservation del suelos. Madrid. Mundi-Pre~~n~~sa, 1975. 254p.
- 16- FOURNIER, F. & HENIN, S.A. New climatic formula for evaluationg the specific degradation of soils. C.R. Acad. Science, Paris, 248: 1694-96, 1959.
- 17- FREE, M.H; ROSS, J.D. & LANE, L.J. The nutrient sub-model. In: KNISEL, W.G., ed. CREAMS: A field-scale model for a chemical, runoff and erosion from agricultural management systems. Washington, USDA, 1980. p. 65 - 87 (Conservation Research Rept., 26).

- 18- GREENLAND, D.J. The magnitude and importance of the problem. In: GREENLAND, D.J., ed; LAL, R., ed. Soil Conservation and management in the Humids Tropics. London, J. Willey, 1977.
- 19- GREER, J.O. Effect of excessive rate rainstorm on erosion. Journal Of Soil and Water Conservation, Baltimore, 26 (3):196-7. Mai /June, 1971.
- 20- HEUSCH, B. Estimation et controle de l'erosion hydraulique. Soc. Eciencie Nat. Phisycal. Marrocos, 37:41-54, 1971.
- 21- HUDSON, N. Soil conservation. Ithaca, . Cornell Univer sity Press, 1971. 320p.
- 22- KOOLHAAS, M.H. El potencial erosivo de la lluvia en el Paraguai. Turrialba, 29(1):3-9, 1979.
- 23- LAL, R. Analysis of factors affecting rainfall erosivity and soil erodibility. In: GREENLAND, D.J., & LAL, R., ed. Soil conservation and manegement in the Humid Tropicas. London, J. Willey, 1977. p.49-56.
- 24- LAWS, J.O. Measurements of fall-velocity of water- drops and raindrops. Transaction America Geophysical Union, Washington, DC, 22:357-60, 1943.
- 25- LAWS, J.O. & PARSONS, D.A. The relation of raindrop-size to intensity. Transaction America Geophysical Union, , Washington, DC, 24:452-60, 1943.
- 26- LEPRUN, J.C. Relatório de fim de convênio de manejo e conservação do solo no Nordeste Brasileiro (1982-1983). Recife, SUDENE/ORSTOM, 1983. 290p.
- 27- LOMBARDI NETO, F. Rainfall erosivity - its distribution and relationships with soil loss at Campinas, Brazil. West Lafayette, Purdue University, 1977. 53p. (Tese - MS).
- 28- MARGOLIS, E.; SILVA, A.B. da ; REIS, O.V. dos. Controle da erosão com diferentes práticas conservacionistas num solo litólico de Caruaru (Pe). Revista Brasileira de Ciência do Solo, 9(2):mai /ago, 1985.
- 29- MARQUES, J.Q. de A. Culturas em faixa. Revista dos Criado res, São Paulo, 17(7): 67-73, 1946.

- 30- MEDINA, B.F. & OLIVEIRA JR., R.C. de. A aplicabilidade de alguns índices erosivos em Latossolo Amarelo de Manaus (AM). Revista Brasileira de Ciência do Solo. 11(1):67-70. 1987.
- 31- MORGAN, R.P.C. Soil erosion. London, Longman, 1979, 113p. 1979. 113p.
- 32- MOURA, A.R.B. de & MEDEIROS, J.F. de. Determinação inicial chuva (FATOR R) em Mossoró (RN). Revista Brasileira de Ciência do Solo, 11:229-231, 1987.
- 33- ROOSE, E.J. Dix-sept années de mesure experimentales de l'erosion et du ruissellement sur un sol ferrallitique sableux de basse Cote d'Ivoire. Contribution a l'Etude de l'erosion hydrique en milieu intertropical. ORSTOM, Adpodoumé, 125p. These, Abdijan, 1973.
- 34- _____. Dynamique actuelle de sols ferrallitique et ferrugineux tropicaux d'Afrique Occidentale. Paris, ORSTOM, 1981. 569p. (Travaux et Documents, 130).
- 35- ROTH, C.B.; NELSON, D.W.; & ROMKENS, M.J.M. Predictions of subsoil erodibility using chemical, mineralogical and physical parameters. United Station Environmental Protection Agency Report, 660/2, 1974, 111p.
- 36- RUFINO, R.L. Avaliação do potencial erosivo das chuvas para o Estado do Paraná. 2^a Aproximação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 20., Belém, 1985. Resumos. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1985. 165p.
- 37- SMITH, D.D. & WISCHMEIER, W.H. Rainfall erosion. Advances in Agronomy, 14:109-48, 1962.
- 38- SOIL CONSERVATION SOCIETY OF AMERICA. Soil erosion: prediction and control. Ankeny, 1977. 393p. 1977. 393p.
- 39- SUAREZ DE CASTRO, F. Conservacion de suelos. 3^a ed. San José, IICA, 1980. 315p.
- 40- VAL, L.A.; BAHIA, V.G.; FREIRE, J.C.; & DIAS JUNIOR, M.S. Erosividade das chuvas em Lavras - MG. Ciência e Prática, 10(2): 199-209, 1986.

- 41- WISCHMEIER, W.H. & SMITH, D.D. Rainfall energy and its relationships to soil loss. Transaction America Geophysical Union, 39(2):285-91, 1958.
- 42- WISCHMEIER, W.H. A rainfall erosion index for a universal soil equation. Soil Sci. Soc. of Amer., Proc., Madison, 23:246 - 9, 1959.
- 43- WISCHMEIER, W.H.A. Universal soil loss equation to guide conservation planning farm. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF SOIL SCIENCE, 7th, Madison, 1960. TRANSACTIONS, Madison, 2:418-25, 1960.
- 44- _____ . & SMITH, D.D. Predicting rainfall erosion losses from cropland east of the Rocky Mountain. Washington, D.C., USDA, 1965. 47p. (Agriculture Handbook, 282).
- 45- _____ . Use and mixture of the universal soil equation. Journal of Soil Water Conservation. Ankeny, 31:5-9, 1976.
- 46- ZINELL, P.I.A. The problem of assessing the erosive power of rainfall from meteorological observations. Soil Sci. Soc. of Amer., Proc., Madison, 37(6):617-21, 1973. -