EROSIVIDADE DA CHUVA
DISTRIBUIÇÃO E RELAÇÕES COM A PRECIPITAÇÃO EM
PORTO PRESIDENTE STROESSNER E
VILLARRICA - PARAGUAI

JULIO CÉSAR GONZÁLEZ FRANCO

Orientador: Prof. Dr. OCTAVIO FREIRE

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Agronomia. Área de concentração: Solos e Nutrição de Plantas.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Setembro - 1986

Aos meus pais

Agripina e Anatolio,
pelos seus exemplos de
fé, trabalho e amor,

MINHA GRATIDÃO

À nossa Senhora,
que me tem iluminado
e amparado nos mo-
mentos difíceis des-
ta jornada

OFEREÇO

À minha esposa Lourdes,
pelo estímulo, dedicação e
amor, e a minha filha Aline
Beatriz,

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Octavio Freire, pela amizade e orientação durante o Curso de Pós-Graduação e na execução deste trabalho, manifesto meus agradecimentos.

Agradeço, ainda:

- ao Prof. Dr. Antonio Francisco Iemma;
- ao Prof. Dr. Geraldo Victorino de França;
- ao Prof. Dr. Nilson Augusto Villa Nova;
- ao pesquisador Dr. Francisco Lombardi Neto;
- ao Prof. Dr. Zilmar Ziller Marcos;
- Ao Prof. Dr. Patrocínio Alonso Jara;
- aos pesquisadores do Departamento de Manejo e Conservação de Solos, do IAPAR;
- ao Ministério de Agricultura e Ganaderia, do Paraguay;
- ao Serviço de Extensión Agrícola Ganadero;
- à Dirección de Meteorología do Ministério de Defensa Nacional, do Paraguay;
- à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal

de Nível Superior;

- aos colegas Antonio R. Formaggio e Marta M.
Ducatti Formaggio;

- ao Engº Agrº Amado González F.;

- ao Sr. Rubens Buzell

- aos meus familiares, amigos e a todos aqueles
que, de uma forma ou de outra, colaboraram para a realização
deste trabalho.

CONTEÚDO

	Página
LISTA DE TABELAS	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
RESUMO	xii
SUMMARY	xiv
RESUMEN	xvi
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DA BIBLIOGRAFIA	5
2.1. Avaliação da Erosividade por meio dos Índices EI_{30} e $KE > 25$	5
2.2. Chuvas Críticas	10
2.3. Avaliação da Erosividade da Chuva por meio de Dados Pluviométricos	11
3. MATERIAL E MÉTODO	14
3.1. Material	14
3.2. Método	18
3.2.1. Distribuição Anual do Índice de Erosão	18
3.2.2. Distribuição Mensal e Estacional do Índice de Erosão	23
3.2.3. Distribuição da Frequência e Probabilidade de Ocorrência da Erosividade	23
3.2.4. Chuvas Críticas	24

	Página
3.2.5. Avaliação da Erosividade da Chuva por meio de Dados Pluviométricos	25
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
4.1. Distribuição Anual do Índice de Erosão	26
4.2. Distribuição Mensal e Estacional do Índice de Erosão	34
4.3. Distribuição da Frequência e Probabilidade de Ocorrência da Erosividade	42
4.4. Chuvas Críticas	48
4.5. Avaliação da Erosividade da Chuva por meio de Dados Pluviométricos	51
4.5.1. O Índice de Erosão e a Razão de Preci- pitação	51
4.5.2. Índice de Erosão e Precipitação	55
5. CONCLUSÕES	64
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68
APÊNDICE	74

LISTA DE TABELAS

	Página
1. Exemplo de leitura do pluviograma (dia 25.04.81) para o cálculo do El_{30} e $KE > 25$ em Villarrica..	22
2a. Valores mensais, médias mensais, valores anuais e média anual do El_{30} em Porto Presidente Stroess- ner	28
2b. Valores mensais, médias mensais, valores anuais e média anual do $KE > 25$ em Porto Presidente Stroess- ner	29
3a. Valores mensais, médias mensais, valores anuais e média anual do El_{30} em Villarrica.....	30
3b. Valores mensais, médias mensais, valores anuais e média anual do $KE > 25$ em Villarrica	31
4. Distribuição percentual mensal e estacional dos índices El_{30} e $KE > 25$ para as duas localidades.	37
5a. Frequência e probabilidade de ocorrência dos ín- dices anuais de erosão (El_{30} e $KE > 25$) em Porto Presidente Stroessner	44
5b. Frequência e probabilidade de ocorrência dos ín- dices anuais de erosão (El_{30} e $KE > 25$) em Vil- larrica	45
6a. Precipitações anuais, erosivas e críticas em Por- to Presidente Stroessner	49
6b. Precipitações anuais, erosivas e críticas em Vil- larrica	50

LISTA DE FIGURAS

	Página
1. Localização, regiões climáticas e Índice de umidade dos locais de estudo	16
2. Pluviograma do dia 25/04/1981 - Villarrica.	17
3a. Distribuição do Índice El_{30} - P. P. Stroessner e Villarrica	35
3b. Distribuição do Índice $KE > 25$ - P. P. Stroessner e Villarrica	35
3c. Distribuição dos Índices El_{30} e $KE > 25$ - P. P. Stroessner	35
3d. Distribuição dos Índices El_{30} e $KE > 25$ - Villarrica	35
4a. Curvas de distribuição do El_{30} - P.P. Stroessner e Villarrica	40
4b. Curvas de distribuição do $KE > 25$ - P. P. Stroessner e Villarrica	40
4c. Curvas de distribuição dos Índices El_{30} e $KE > 25$ - P. P. Stroessner	40
4d. Curvas de distribuição dos Índices El_{30} e $KE > 25$ - Villarrica	40
5a. Distribuição do El_{30} e da precipitação - P. P. Stroessner	41
5b. Distribuição do El_{30} e da precipitação - Villarrica	41
5c. Distribuição do $KE > 25$ e da precipitação - P. P. Stroessner	41

	Página
5d. Distribuição do $KE > 25$ e da precipitação - Villarrica	41
6a. Probabilidade mensal do Índice El_{30} - P. P. Stroessner	46
6b. Probabilidade mensal do Índice $KE > 25$ - P.P. Stroessner	46
6c. Probabilidade mensal do Índice El_{30} - Villarrica	46
6d. Probabilidade mensal do Índice $KE > 25$ - Villarrica	46
7a. Regressão entre o Índice El_{30} médio mensal (El_{30m}) e o coeficiente de chuva. ($R_p = p^2/p$) - P. P. Stroessner	52
7b. Regressão entre o Índice $KE > 25$ médio mensal ($KE > 25m$) e o coeficiente de chuva ($R_p = p^2/p$)- P. P. Stroessner	52
7c. Regressão entre o Índice El_{30} médio mensal (El_{30m}) e o coeficiente de chuva ($R_p = p^2/p$) - Villarrica	53
7d. Regressão entre o Índice $KE > 25$ médio mensal ($KE > 25m$) e o coeficiente chuva. ($R_p = p^2/p$)- Villarrica	53
8a. Regressão entre o Índice El_{30} médio mensal (El_{30m}) e a precipitação média mensal (P_m) - P. P. Stroessner	56

8b.	Regressão entre o índice $KE > 25$ médio mensal ($KE > 25m$) e a precipitação média mensal (P_m) - P.P. Stroessner	56
8c.	Regressão entre o índice El_{30} médio mensal (El_{30m}) e a precipitação média mensal (P_m) - Villarrica	57
8d.	Regressão entre o índice $KE > 25$ médio mensal ($KE > 25m$) e a precipitação média mensal (P_m) Villarrica	57
9a.	Regressão entre o índice El_{30} médio mensal (El_{30m}) e a precipitação útil ($P_{El_{30m}}$) - P. P. Stroessner	58
9b.	Regressão entre o índice $KE > 25$ médio mensal ($KE > 25m$) e a precipitação útil ($P_{KE > 25m}$) - P. P. Stroessner	58
9c.	Regressão entre o índice El_{30} médio mensal (El_{30m}) e a precipitação útil ($P_{El_{30m}}$) - Villarrica	59
9d.	Regressão entre o índice $KE > 25$ médio mensal ($KE > 25m$) e a precipitação útil ($P_{KE > 25m}$) - Villarrica	59
10a.	Regressão entre o índice El_{30} médio mensal (El_{30m}) e a precipitação crítica (P_y) - P. P. Stroessner	61

	Página
10b. Regressão entre o Índice KE > 25 médio mensal (KE > 25m) e a precipitação crítica (Py) - P. P. Stroessner	61
10c. Regressão entre o Índice EI ₃₀ médio mensal (EI _{30m}) e a precipitação crítica (Py) - Villarrica	62
10d. Regressão entre o Índice KE > 25 médio mensal (KE > 25m) e a precipitação crítica (Py) - Villarrica	62

EROSIVIDADE DA CHUVA

DISTRIBUIÇÃO E RELAÇÕES COM A PRECIPITAÇÃO EM
PORTO PRESIDENTE STROESSNER E VILLARRICA - PARAGUAI

Julio César González Franco

Orientador: Prof. Dr. Octavio Freire

RESUMO

Registros pluviográficos da precipitação de 15 e de 26 anos obtidos, respectivamente, em Porto Presidente Stroessner e Villarrica, Paraguai, foram utilizados para o cálculo dos índices de erosividade (EI_{30} e $KE > 25$) dessas localidades.

Embora os índices EI_{30} e $KE > 25$ tenham sido diferentes nas mesmas localidades, foram semelhantes quando comparados entre locais diferentes.

A análise estatística dos dados mostrou que entre outubro e maio, a chuva alcançou a máxima erosividade. Consequentemente, os valores críticos em ambas as localidades foram atingidos no verão e na primavera.

Foi observada uma alta correlação entre os valores médios mensais dos índices de erosividade e a precipitação pluviométrica. É possível, em consequência disso, poder-

-se estimar os índices EI_{30} e $KE > 25$ de uma localidade qualquer, com características pluviais semelhantes àsquelas de Porto Presidente Stroessner e Villarrica, pelo uso das equações obtidas através dos dados pluviométricos.

As equações lineares foram as que melhor explicaram a relação entre os valores médios mensais dos índices de erosividade e a precipitação pluviométrica para Porto Presidente Stroessner, sendo que para Villarrica, as melhores equações foram as de função potência.

RAINFALL EROSIVITY
DISTRIBUTION AND RAINFALL RELATIONSHIPS IN PUERTO
PRESIDENTE STROESSNER AND VILLARRICA-PARAGUAY

Julio César Gonzáles Franco

Adviser: Prof. Dr. Octavio Freire

SUMMARY

Rainfall records of 15 and 26 years collected respectively at Puerto Presidente Stroessner and Villarrica, Paraguay, were used to calculate the erosivity indexes (EI_{30} and $KE > 25$) for of these localities.

Though the EI_{30} and the $KE > 25$ indexes vary for the same locality the rainfall erosivity is similar in both places.

The statistical analysis of the data showed that between october and may rainfall erosivity is maximum. Consequently the critic values in both localities are reached in summer and spring.

A high correlation was found between the average monthly values of the erosivity indexes and amount of rainfall. It is possible, therefore, to estimate the EI_{30} and $KE > 25$ indexes of a locality with similar rain characteristics as that of Puerto Presidente Stroessner and Villarrica, by the use of the statistically obtained equations.

EROSIVIDAD DE LA LLUVIA

DISTRIBUICION Y RELACIONES CON LA PRECIPITACION EN
PUERTO PRESIDENTE STROESSNER Y VILLARRICA - PARAGUAY

Julio César González Franco

Orientador: Prof. Dr. Octávio Freire

RESUMEN

Registros de precipitación a través de pluviógrafo de 15 y 26 años obtenidos, respectivamente, en Puerto Presidente Stroessner y Villarrica, Paraguay, fueron utilizados para el cálculo de los índices de erosividad (EI_{30} y $KE > 25$) para esas localidades.

Los índices EI_{30} y > 25 variaron para una misma localidad, sin embargo, fueron similares comparados entre lugares diferentes.

El cálculo y análisis estadístico de los índices de erosión demostraron que entre octubre y mayo, alcanzó la máxima erosividad de la lluvia. Consecuentemente, los valores críticos en ambas localidades se presentaron en el verano y en la primavera.

Foi observada una alta correlación entre los valores medios mensuales de los índices de erosividad y la precipitación pluviométrica. A consecuencia de esto, es posible estimar los índices EI_{30} y $KE > 25$ de una localidad cualquiera, con características climáticas o pluvial, similares a lo de Puerto Presidente Stroessner y Villarrica, através de las ecuaciones obtenidas, utilizando solamente datos pluviométricos.

1. INTRODUÇÃO

O Homem, no afã de dominar a natureza em seu próprio benefício, rompe o equilíbrio do sistema solo-planta-atmosfera. Ao rompê-lo, permitiu que a água da chuva e outros agentes de erosão, atuassem negativamente sobre um dos recursos naturais mais importantes para a produção agrícola, que é o solo.

Nas regiões tropicais, a mais séria modificação do solo resulta da chuva, que atua pelo embate das gotas e pelo deflúvio. Assim, a erosão pluvial pode ser considerada como função do potencial erosivo da chuva e da susceptibilidade do solo a sofrer perdas.

O Paraguai, com seu território localizado num clima considerado como continental sub-tropical, está naturalmente predisposto a ter que enfrentar sérios problemas de erosão.

Nos locais de estudo, situados na região oriental do país, as formações florestais encontram-se, atualmente, depredadas pela colonização e desmatamento indiscriminados das cabeceiras das nascentes e dos cursos d'água, com consequência na deterioração do solo. Ao se implantar culturas anuais, as perdas de solo aumentam a níveis intoleráveis, além de ocorrer assoreamento de cursos d'água, açudes e represas com a consequente redução da sua vida útil.

Junto com a camada fértil, a erosão arrasta, para os mananciais que abastecem as cidades, resíduos de adubos, corretivos, inseticidas e fungicidas, o que além de representar um grande prejuízo para o produtor rural, prejudica a água para o consumo.

No "Runoff and Soil-Loss Data Center", do "Agricultural Research Service", com sede na Universidade de Purdue, foi desenvolvida uma equação de perdas de solo, obtida em estudos de vários locais dos Estados Unidos, desde 1930.

Essa equação serve para prever a perda média anual de solo causada, tanto pela erosão laminar como em sulcos e serve, também, como modelo para o planejamento do uso do solo e escolha das práticas de conservação mais apropriadas a uma área em particular.

A equação de perdas de solo reflete a influência dos principais fatores que afetam a erosão do solo pela

chuva. O modelo desenvolvido (WISCHMEIER e SMITH, 1965) é o seguinte:

$$A = R \times K \times LS \times C \times P,$$

onde, A é a perda média do solo; R, o fator chuva: índice de erosão pela chuva; K, a erodibilidade do solo; L e S correspondem ao comprimento e ao grau do declive, respectivamente; C é o fator uso e manejo da cultura e P, o fator prática conservacionista.

Dentre os índices de erosividade mais usados estão o EI_{30} e o $KE > 25$, que devem, segundo as recomendações de seus autores, serem mais adequados, respectivamente, para climas de regiões temperadas e tropicais.

O presente estudo pretende investigar o fator erosividade da chuva da Equação Universal de Perdas de Solo, sua distribuição e relações com a precipitação para condições de Porto Presidente Stroessner e Villarrica, com o intuito de fornecer dois pontos para a demarcação das isoerodentes da Região Oriental do Paraguai.

Os principais objetivos específicos desta pesquisa são: a) determinar os índices de erosão EI_{30} e $KE > 25$ das chuvas individuais nos locais de estudo; b) determinar a distribuição anual, mensal e estacional dos índices de erosão

e compará-los, estatisticamente em cada local e entre os locais; c) determinar a distribuição da frequência e a probabilidade de ocorrência dos Índices de erosão; d) determinar as chuvas críticas e as relações que possam existir entre os Índices de erosão e a precipitação.

2. REVISÃO DA BIBLIOGRAFIA

2.1. Avaliação da Erosividade por meio dos Índices EI_{30} e $KE > 25$.

A erosividade da chuva foi definida por WISCHMEIER (1960) e pela FAO (1967) como sendo a sua capacidade de erodir o solo, em condições padronizadas. HUDSON (1971) afirmou que é uma função das características da chuva e suas múltiplas combinações, o que torna a sua medida muito complexa.

BERTONI e PASTANA (1964) concluíram que a adoção de uma só característica da chuva não é confiável para o estabelecimento de uma equação de regressão como indicador da erosividade.

Os vários experimentos desenvolvidos em condições de laboratório e de campo por ELLISON (1944) e BISAL (1960) comprovaram a capacidade da chuva de produzir erosão, a qual es

tã associada à energia cinética das gotas que atuam no deslocamento e no transporte do material do solo.

WISCHMEIER et alii (1958) utilizando dados de erosão de 8250 registros de parcelas anuais de 25 estações experimentais dos Estados Unidos, correlacionaram características de chuva e perdas por erosão, numa tentativa de encontrar um parâmetro que representasse a erosividade da chuva. O fator que apresentou maior relação com perda de solo foi a energia cinética da chuva. Através de análise estatística de regressão múltipla, muitos fatores foram combinados e verificaram que a melhor estimativa das perdas de solo foi um parâmetro composto: o produto da energia cinética da chuva pela intensidade máxima em 30 min (I_{30}).

WISCHMEIER e SMITH (1958), baseados em dados de distribuição minuciosa do tamanho da gota, publicados por LAWS e PARSONS (1943) e sobre as velocidades terminais de gotas de vários tamanhos (LAWS, 1941 e GUNN & KINZER, 1949), calcularam a energia cinética para diferentes intensidades de chuva através da seguinte equação de regressão:

$$Y = 916 + 331 \log x, \text{ onde:}$$

$\underline{Y}$ é a energia cinética em t.f.pé/acre-pol e $\underline{x}$, a intensidade da chuva em pol/h. A equação foi expressa pela FAO (1967) como sendo $E_c = 12,142 + 8,877 \log I$, onde:

$\underline{E_c}$ é dada em tm/ha.mm e $\underline{I}$ em mm/h. O fator de

conversão $9,81 \cdot 10^{-3}$ transforma em MJ/ha mm, a Unidade do Sistema Métrico Internacional, de acordo com FOSTER et alii (1981).

Segundo WISCHMEIER (1959) e WISCHMEIER & SMITH (1978), o produto da energia cinética da chuva pela intensidade máxima em 30 min mede o efeito da erosão por impacto, salpicos e turbulência, combinados com a capacidade de transporte da enxurrada. Experimentalmente, os valores desse produto têm explicado de 72 a 97% das variações nas perdas causadas por chuvas, em diversos estados norte-americanos. O índice de erosão é representado pelo símbolo EI_{30} e com a média aritmética dos seus valores individuais para um período de 22 anos ou mais, obtém-se o fator chuva do local.

WISCHMEIER et alii (1958) com o intuito de aperfeiçoar o cálculo da erosividade verificaram que a introdução do valor da umidade do solo, no início da chuva, aumenta a precisão do cálculo do índice EI_{30} ; no entanto, esse aumento era insignificante, não havendo vantagem na adição desse fator. BAYER (1947) já havia apontado a umidade antecedente, quantidade e intensidade da chuva, como fatores importantes na erosão do solo.

Segundo LOMBARDI NETO (1977), estudos realizados na Austrália (Williams, 1969) e no leste e centro da África (Rose, 1960 e Elwell, 1973) mostraram que o momento das chuvas

vas por unidade de área, mais do que a energia cinética por área de impacto, foi o parâmetro mais significativo para estimar as perdas de solo por impacto de gota. HUDSON (1971) concordou com esta afirmação quando mostrou que as relações entre intensidade e momento ou energia cinética seguem um mesmo modelo.

A equação de regressão que permite estimar a energia cinética (E_c) de acordo com WISCHMEIER e SMITH (1958) apresentou diferenças significativas com as obtidas por Mihara no Japão e Hudson na Rodésia, citados por KINELL (1973). A razão desta diferença está no fato de que o EI_{30} não explica satisfatoriamente a erosividade em regiões tropicais, onde predominam chuvas de origem orográfica, ou seja, com alta proporção de precipitações de baixa intensidade que são incapazes de provocar erosão. Assim, caso fossem incluídos no cálculo da energia cinética da chuva, o valor da erosividade seria superestimado.

Baseado na equação obtida por ELLISON (1944) que mede a erosão por impacto de várias combinações de tamanho, velocidade e intensidade de gotas, HUDSON (1971) observou que a energia cinética de segmentos de chuva com intensidades iguais ou superiores a 25,4 mm/h foram mais estreitamente relacionado com a perda de solo do que qualquer outro parâmetro único. O índice desenvolvido foi denominado de $KE > 25$ e proporciona, para re-

giões tropicais e sub-tropicais, um valor mais preciso na estimativa da erosividade.

AHMAD e BRECKNER (1974), também constataram uma baixa correlação entre perdas de solo e o índice EI_{30} , em Trinidad. Entretanto, este índice ao ser utilizado por LOMBARDI NETO (1977), em Campinas, SP, foi o que melhor se correlacionou com as perdas de solo, dando boa estimativa do potencial erosivo da chuva.

SILVA e FREIRE (1978), utilizando pluviogramas de um período de 10 anos (1957 a 1966), calcularam o índice $KE > 25$ para Piracicaba (SP) e obtiveram um valor médio anual de 552,70.

CHAVES e FREIRE (1978) calcularam a erosividade para a Micro-Região Homogênea nº 98 (PB), através do índice $KE > 20$. Utilizando pluviogramas de um período de 17 anos (1957 a 1973), obtiveram um valor de 476,70.

CHAGURI e FREIRE (1981) determinaram os valores médios mensais, estacionais e anual da erosividade para uma Micro-Bacia Hidrográfica da Fazenda Ipanema, (Iperô, SP). O valor médio anual para o $KE > 25$ foi de 465,20 para um período de 23 anos (1950 a 1972), tendo esses autores concluído que os períodos críticos em que se verifica o maior risco de erosão compreende os meses de dezembro e março, coincidindo com o das maiores precipitações.

PEREIRA (1983), com dados de precipitação e intensidades da chuva de um período de 20 anos (1957 a 1982) de Piracicaba (SP), a exceção dos anos 1968, 69, 71, 72, 73 e 74 que não foram analisados, calculou os índices EI_{30} e $KE > 25$, cujos valores médios anuais foram de 584,10 e 533,20 tm.mm./ha.h.ano, respectivamente. Concluindo que esses valores não diferiram entre si e tendo havido concordância entre erosividade e precipitação; ou seja: os meses mais chuvosos foram os que apresentaram maior erosividade.

2.2. Chuvas críticas

Yarnell (BARNETT, 1958) definiu uma chuva intensa ou crítica como aquela de intensidade (pol/ha) igual ou superior ao tempo de duração (min), sobre 100, mais 0,2. Matematicamente, representada como:

$$I \geq t/100 + 0,2 \quad \text{ou} \quad I - t/100 \geq 0,2$$

Também pode ser definida pelo produto da intensidade do segmento de chuva (mm/h) com o tempo de ocorrência em min, dividido por 100, igual ou superior a 5,0; ou seja:

$$Y = I \times t/100 \geq 5,0$$

Y é a chuva crítica (índice de Yarnell), I é a intensidade em mm/h do segmento de chuva de mesma intensidade e t , o tempo de ocorrência do segmento.

O segmento de chuva de mesma intensidade que responde a essa relação, apresenta elevada energia cinética devido à alta porcentagem de gotas grandes e de curta duração, sendo responsável por grande parte da perda de solo e caracteriza uma chuva crítica ou excessiva. Entretanto, WISCHMEIER e SMITH (1965) apontaram que regatos e depósitos de sedimentos observados após uma chuva intensa poderiam levar à conclusão de que a perda significativa de solo, está associada somente a chuvas raras ou críticas. Porém, mais de 30 anos de medição em diversos estados norte-americanos tem mostrado não ser este o caso (WISCHMEIER, 1962). Estes dados mostraram que um fator de precipitação usado para estimar as perdas de solo anuais, deveria incluir os efeitos cumulativos de muitas chuvas moderadas, assim como o efeito daquelas muito intensas.

2.3. Avaliação da Erosividade da Chuva por meio de Dados Pluviométricos.

A utilização de métodos simplificados para a determinação do Índice de erosividade pode tornar-se um recurso eficiente principalmente em locais em que os registros pluviográficos são limitados ou inexistentes. Diversos autores tentaram correlacionar o Índice de erosão com outros fatores mais facilmente disponíveis, como os valores quantitativos de precipitação.

Fournier, em 1960 (LOMBARDI NETO, 1977); encon-

trou uma alta correlação entre degradação específica ou total anual de erosão e um coeficiente de distribuição de chuva (C), expresso como:

$$C = p^2/P, \text{ onde:}$$

p é a precipitação média mensal do mês mais chuvoso, e P é a precipitação média anual.

LOMBARDI NETO e MOLDENHAUER (1980), utilizando 22 anos de dados pluviométricos de Campinas (SP), encontraram alto coeficiente de correlação entre o índice médio mensal de erosão e o coeficiente de chuva, com algumas modificações do coeficiente original proposto por Fournier, cuja expressão da relação obtida foi:

$$EI = 6,886 (p^2/P), \text{ onde:}$$

EI é a média mensal do índice de erosão, p é a precipitação média mensal em mm e P é a precipitação média anual em mm.

Com a utilização dessa equação, LOMBARDI et alii (1980) estabeleceram o mapa das isoerodentes do Estado de São Paulo, através dos valores médios anuais do EI_{30} de 115 locais.

WISCHMEIER (1962) e WISCHMEIER & SMITH (1965) desenvolveram o mapa das isoerodentes nos Estados Unidos, através da análise de 181 dados de pluviôgrafos e em 1700 localidades utilizaram uma equação de regressão linear simples, tendo o produto de três parâmetros da chuva, mostrando uma alta correlação

com os valores do índice de erosão. Estes parâmetros para um período de retorno de 2 anos foram: a intensidade máxima em 60 min e em 24 h, e a chuva anual. O produto destes três parâmetros explicou entre 90 e 98,5% da variação entre os índices de erosão, para toda área compreendida a leste das montanhas rochosas.

ALONSO (1982) utilizando dados pluviométricos de 15 e 21 anos de Porto Presidente Stroessner e Villarrica da Região Oriental do Paraguai, calculou o fator R (EI_{30} médio anual) para ambos os locais, através da equação desenvolvida por LOMBARDI NETO (1977) tendo obtido os valores de 683,84 e 624,90, respectivamente.

PEREIRA (1983) encontrou alto coeficiente de correlação entre os índices médios mensais de erosão (EI_{30m} e $KE > 25$ m) com a precipitação e entre o coeficiente de chuva, utilizando 20 anos de registros de precipitação de Piracicaba (SP), tendo concluído que é possível estimar o índice de erosão, através de equações obtidas em locais que não apresentem dados pluviográficos e que possuam condições climáticas e fisiográficas semelhantes às de Piracicaba.

3. MATERIAL E MÉTODO

O presente trabalho foi realizado a partir de registros pluviográficos e de dados sobre o clima dos locais de estudo, fornecidos pela "Dirección de Meteorología del Ministerio de Defensa Nacional", com sede em Asunción.

3.1. Material

O material deste trabalho é constituído pelos pluviogramas de Porto Presidente Stroessner e de Villarrica. Estas localidades apresentam as seguintes características:

Porto Presidente Stroessner - localiza-se na Região Oriental do Paraguai, no Departamento do Alto Paraná (- $25^{\circ}28'$ de Latitude Sul e $54^{\circ}36'$ de Longitude oeste de Greenwich). A altitude do Posto Meteorológico, é de 196 m. A chuva média anual para o período de estudo foi de 1672,67 mm, apresentando máxima absoluta de 2223,60 mm e mínima absoluta de 1230,30 mm.

Pelo sistema de Thornthwaite, o clima é mesotermal úmido de floresta, sem déficit de umidade (figura 1), com o período mais chuvoso correspondendo às estações da primavera e verão e o de menor pluviosidade aos meses de abril e julho.

Villarrica - localiza-se na Região Oriental do Paraguai, no Departamento de Guairá, ($25^{\circ}46'$ de Latitude Sul e $56^{\circ}28'$ de Longitude oeste de Greenwich). O Posto Meteorológico fica a 161 m do nível do mar. A chuva média anual para o período foi de 1582,42 mm, apresentando máxima absoluta de 2246,30 mm e mínima absoluta de 1072,00 mm.

Pelo sistema de Thornthwaite, o clima é mesotermal úmido, sem déficit de umidade (figura 1), com período mais chuvoso correspondendo às estações da primavera e outono e o de menor pluviosidade aos meses de julho e agosto.

A figura 2 mostra um trecho do pluviograma do dia 25/04/81, para Villarrica, como modelo para a metodologia utilizada. Nas linhas verticais, está representado o tempo, que é subdividido em intervalos de 10 min, registrando um total de 24 horas. Nas horizontais tem-se o registro da precipitação, de zero a 10,0mm.

Foram cotados e analisados os pluviogramas de um período de 15 anos (1966 a 1980) para Porto Presidente

FIG. 1 - Localização, regiões climáticas e índice de umidade dos locais de estudo.

Figura 2 - Pluviograma do dia 25/04/81 - Villarrica.

Stroessner e de 26 anos (1959 a 1984) para Villarrica.

3.2. Método

3.2.1. Distribuição Anual do Índice de Erosão.

A erosividade da chuva foi avaliada por meio de dois índices: o EI_{30} e o $KE > 25$. Para o cálculo desses índices, as chuvas erosivas foram cotadas e analisadas conforme recomendação de WISCHMEIER e SMITH (1958), com pequenas variações, segundo as sugestões de CABEDA (1976); isto é, cotar os pluviogramas que apresentarem 10,0 mm ou mais de chuva; cotar os pluviogramas que apresentarem menos do que 10,0mm de chuva, se a sua quantidade, em 15 min, for de 6,0mm ou mais; as chuvas separadas por menos do que 6 h com qualquer quantidade de chuva nesse período, ou chuvas separadas por 6 h consecutivas ou mais, e com 1,0mm ou mais de chuva nesse período, devem ser tratadas como uma única chuva (sómente um valor de índice de erosão deverá ser computado para o grupo inteiro de chuvas); chuvas separadas por 6 h consecutivas ou mais, com menos de 1,0mm de precipitação nesse período, deverão ser tratadas como diferentes chuvas (tantos valores de índices de erosão deverão ser calculados, quanto forem o número de chuvas); se uma chuva durar menos do que 30 min, a intensidade máxima em 30 min será computada como se a chuva tivesse durado, no mínimo, 30 min.

Para todas as chuvas erosivas, foram analisadas

a duração, a precipitação, a energia cinética total, a energia cinética para segmentos de chuvas com intensidades maiores que 25mm/h e as intensidades máximas em 30 min. Essas análises foram feitas no Centro de Processamento de Dados da UNESP (Botucatu, SP), através de um programa para computador em linguagem FORTRAN IV, conforme as adaptações de CATANEO et alii (1982).

A energia cinética (E_c) das gotas de chuva é expressa em tm/ha.mm e seus valores são dados pela seguinte equação (FAO, 1967):

$$E_c = 12,142 + 8,877 \log I,$$

onde: E_c = energia cinética em tm/ha.mm ;

I = intensidade de chuva em mm/h

A expressão para as Unidades do Sistema Métrico Internacional, de acordo com FOSTER et alii (1981), pode ser obtida através do fator de conversão $9,81.10^{-3}$.

Foi calculada a energia cinética para todas as intensidades dos segmentos cotados e somadas ao final. Para intensidades maiores do que 25mm/h, o cálculo da energia cinética, foi feito, isolando-se segmentos de chuvas dessa intensidade.

O cálculo da intensidade máxima em 30 min, foi feito em mm/h ; mas, para chuvas de menor duração, considerou-se como se tivessem durado no mínimo aquele tempo.

O procedimento utilizado para o cálculo da energia cinética de uma chuva, conforme as sugestões de CABEDA (1976) foi o seguinte: a) tomou-se um pluviograma de uma chuva erosiva; b) separou-se com a marca de um lápis, as seções do gráfico com inclinações uniformes, isto é, segmentos da chuva com mesma intensidade; c) foi lida e anotada a hora inicial e final e a quantidade de chuva de cada segmento do gráfico onde variou a inclinação; d) subtraiu-se as leituras sucessivas para obtenção do tempo em min, das quantidades em mm, para cada segmento de chuva de mesma intensidade; e) calculou-se a intensidade em mm/h para cada segmento de mesma intensidade, multiplicando-se a quantidade de chuva de cada segmento por 60 e dividindo-se o produto pelo respectivo período de ocorrência; f) calculou-se a energia cinética em tm/ha.mm , referente à intensidade em mm/h, de cada segmento de mesma intensidade, através da fórmula: $E_c = 12,142 + 8,877 \log I$; g) multiplicou-se a energia cinética em tm/ha.mm de cada segmento de mesma intensidade, pela quantidade de chuva ocorrida no intervalo de tempo, para obter a energia cinética de cada incremento de chuva em tm/ha ; h) somaram-se os valores da energia cinética em tm/ha de todos os segmentos de chuva para obter a energia cinética total da chuva.

A partir da obtenção de todos os parâmetros da chuva, calcularam-se os índices de erosão EI_{30} , conforme WISCHMEIER e SMITH (1958) e o $KE > 25$, conforme HUDSON (1971), expressos através das equações apresentadas a seguir:

$$EI_{30} = \sum (Ec \times P) \times I_{30} \times 10^{-3} \quad e$$

$$KE > 25 = \sum (Ec \times P \times I > 25) \times 10^{-3}$$

onde; EI_{30} e $KE > 25$ são os índices de erosão da chuva em $tm.mm/ha.h$; I_{30} é a intensidade máxima em 30 min, em mm/h, e $I > 25$ é o segmento de chuva com intensidade maior ou igual a 25 mm/h. O fator de conversão é $9,81.10^{-3}$ MJ/ha.mm para Unidades do Sistema Métrico Internacional de acordo com FOSTER et alii (1981).

A tabela 1 apresenta os valores dos segmentos de chuvas cotados e o tempo, os quais foram obtidos seguindo-se o procedimento descrito. Na entrada dos dados para a computação foram anotados a data do início da chuva, número da chuva, número de segmento da chuva, hora do início da chuva, minuto do início da chuva, precipitação do segmento 1, hora final do segmento 1, minuto final do segmento 1, conforme o programa desenvolvido para o cálculo dos índices de erosão.

A somatória dos índices de erosão das chuvas ocorridas num mês, resultou nos índices de erosão daquele mês. Da mesma maneira, a somatória dos índices mensais de erosão resultou nos índices de erosão do ano.

O fator erosividade (R) foi obtido através das médias aritméticas dos índices anuais de erosão ocorridos nos períodos de 15 anos (1966 a 1980) para Porto Presidente

Tabela 1 - Exemplo de leitura do pluviograma (dia 25.04.81)
para o cálculo do EI_{30} e $KE > 25$ em Villarrica.

Entrada de dados no computador		P (mm)	T (h)
Data de início da chuva	25.04.81	0,000	14,50
Nº da chuva	807	10,000	15:05
		10,000	15:12
Nº de segmento da chuva	21	10,000	15:15
		10,000	15:18
		4,600	15:30
Hora do início da chuva	14	0,001	15:50
		5,400	17:00
		10,000	17:50
Min. de início da chuva	50	10,000	17:55
		10,000	18:00
		10,000	18:05
Precipitação do segmento 1	10,000	10,000	18:10
		10,000	18:13
		10,000	18:18
Hora final do segmento 1	15	10,000	18:22
		10,000	18:28
		10,000	18:43
Min. final do segmento 1	5	10,000	18:55
		10,000	20:45
		10,000	21:25
		7,600	5:00

Stroessner e de 26 anos (1959 a 1984) para Villarrica.

3.2.2. Distribuição Mensal e Estacional do Índice de Erosão

Através da média aritmética dos valores mensais dos índices, resultaram as médias mensais e relacionados ao valor médio anual, os percentuais de cada mês, permitiram fazer-se a distribuição mensal dos índices nos locais de estudo. Da mesma forma, a média aritmética dos valores dos índices para cada estação do ano, relacionando-os ao valor médio anual, resultaram na distribuição estacional dos índices.

3.2.3. Distribuição da Frequência e Probabilidade de Ocorrência da Erosividade

A distribuição da frequência dos valores dos índices anuais foi mostrado por WISCHMEIER (1959). Valores dos índices mensais, estacionais e máximos mensais, parecem seguir o mesmo tipo de distribuição da frequência. Esse estudo levou à conclusão de que os registros de chuva de 25 anos ou mais, são desejáveis para o cálculo da probabilidade de ocorrência; mas, um registro de 20 anos ou mais, produziria uma aproximação de confiabilidade razoável.

Para o cálculo da distribuição da frequência, os

Índices anuais de erosão foram colocados em ordem decrescente, de acordo com a equação, $T = (N+1)/m$ onde; T é a frequência em ano que um dado índice de erosão de chuva será igualado ou excedido; o intervalo de recorrência N , é o número de anos de registro, e m é a ordem do índice.

A probabilidade (P) de ocorrência foi calculada pelo inverso de T e convertida em porcentagem, através da equação: $P = 1/T \times 100$

Análises semelhantes foram feitas para valores mensais e máximo mensal para ambas as localidades.

3.2.4. Chuvas Críticas

O cálculo das chuvas críticas (P_y) foi feito através da relação de Yarnell (1935):

$1 - t/100 \geq 0,2$; onde I é a intensidade em mm/h e t , o tempo de duração em min.

Essa relação foi aplicada a cada segmento de chuva de igual intensidade.

3.2.5. Avaliação da Erosividade da Chuva por meio de Dados Pluviométricos

Numa tentativa de utilizar os dados pluviométricos, foram testados 25 modelos de regressões entre os índices de erosão médios mensais (EI_{30m} e $KE > 25 m$) e a razão de precipitação (coeficiente de chuva): $R_p = p_2/P$, que foi obtido para cada mês, usando-se os valores médios da precipitação do mesmo período que foi usado para a obtenção do índice de erosão em cada local.

Testes semelhantes foram aplicados entre os índices de erosão médios mensais, a precipitação média mensal (P_m), as respectivas precipitações utilizadas no seu cálculo (precipitações úteis: $P_{EI_{30m}}$ e $P_{KE > 25m}$) e as precipitações médias mensais que apresentaram um ou mais momentos críticos (P_y), optando-se por regressões lineares e de função potência, cujos coeficientes de determinação foram muito próximos aos dos modelos mais complicados.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As características da chuva que influem nas perdas de solo foram avaliadas sob condições locais e utilizadas para o cálculo do Índice de erosão (fator R) e suas relações com a precipitação.

4.1. Distribuição Anual do Índice de Erosão

O fator chuva (R) é definido como um índice que avalia a capacidade erosiva média anual da chuva numa área sem proteção e sob condições normais de relevo.

O Índice de erosão para um dado ano é a soma dos valores do Índice de erosão calculado para chuvas individuais que ocorrem durante esse período.

As Tabelas 2a, 2b, 3a e 3b mostram os valores mensais e anuais dos índices EI_{30} e $KE > 25$ para as localida-

des de Porto Presidente Stroessner e Villarrica.

Os valores médios anuais do EI_{30} e $KE > 25$, em Porto Presidente Stroessner, para um período de 15 anos, foram de 944,93 e 618,83 tm.mm/ha.h.ano, com desvio padrão de 287,11 e 180,58, erro padrão da média de 74,13 e 46,63 tm.mm/ha.h.ano e coeficiente de variação de 30,38 e 29,18%. Nesse período, os valores variaram de 472,14 (1978) a 1411,12 (1979) para o EI_{30} e de 340,29 (1978) a 953,87 (1979) para o $KE > 25$ em tm.mm/ha.h.ano.

Os valores médios anuais do EI_{30} e $KE > 25$, em Villarrica, para um período de 26 anos, foram 818,25 e 491,43 tm.mm/ha.h.ano, com desvio padrão de 317,73 e 186,89, erro padrão da média de 62,31 e 36,65 tm.mm/ha.h.ano e coeficiente de variação de 38,83 e 38,03%. Nesse período, os valores variaram de 278,30 (1960) a 1318,87 (1979) para o EI_{30} e 173,66 (1960) a 749,68 (1979) para o $KE > 25$ em tm.mm/ha.h.ano.

Observa-se que o erro padrão da média do índice $KE > 25$ médio anual, para ambas as localidades, apresentam valores mais baixos do que os do EI_{30} . Isto pode indicar que os dados usados para a obtenção do fator (R), através do índice $KE > 25$, são mais uniformes. Nesse caso, o valor estimado deve estar mais próximo da média verdadeira, para ambos os locais. Esse fato concorda com a observação feita por PEREIRA (1983), para a região de Piracicaba, cujas chuvas foram analisadas

Tabela 2a. Valores mensais, médias mensais, valores anuais e média anual do E1₃₀ em

Porto Presidente Stroessner.

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL ANUAL
1966	(151,95)	(86,42)	(84,19)	(75,75)	23,68	38,28	12,78	12,67	3,99	116,79	150,00	46,41	802,91
1967	110,16	121,29	132,63	2,71	32,72	2,41	81,19	34,59	20,85	115,61	152,79	10,44	817,39
1968	92,11	3,41	49,49	221,08	2,21	24,32	5,00	12,27	29,91	279,68	88,67	115,19	923,34
1969	257,07	193,74	71,36	57,52	424,17	78,42	1,53	3,08	52,27	42,65	90,55	116,57	1388,93
1970	90,24	12,32	91,72	34,73	8,56	44,02	22,53	4,33	57,23	149,22	12,59	51,38	578,87
1971	211,90	93,60	244,39	48,35	49,37	39,50	30,53	26,33	65,45	63,53	49,49	36,25	958,69
1972	36,81	218,63	60,15	81,60	8,86	50,14	56,32	101,50	141,40	84,97	355,11	43,56	1239,08
1973	198,87	97,61	98,88	85,54	254,92	80,46	17,70	27,03	46,42	90,39	42,04	42,06	1081,92
1974	424,17	92,24	13,04	15,08	67,58	96,54	2,71	76,75	29,74	46,90	90,37	104,25	1059,37
1975	156,84	65,24	107,30	265,35	8,04	47,36	26,31	12,64	34,10	204,05	77,09	187,24	1191,56
1976	146,38	5,60	86,72	31,05	35,67	54,25	8,21	73,16	27,62	143,84	104,15	20,78	737,43
1977	112,03	0,00	12,04	0,00	18,76	68,40	14,26	17,24	24,01	65,09	185,68	78,36	595,87
1978	37,08	3,43	33,72	3,09	16,38	94,52	64,79	14,59	4,68	73,52	74,07	52,27	472,14
1979	42,30	216,45	7,25	196,13	164,98	9,37	44,06	80,20	80,72	102,39	181,66	285,61	1411,12
1980	211,28	86,25	169,98	18,34	95,91	11,88	6,82	28,10	25,73	57,84	(118,16)	(85,03)	915,32
Média Mensal	151,95	86,42	84,19	75,75	80,79	49,32	26,32	34,96	42,94	109,10	(118,16)	(85,03)	944,93

- Os dados entre parênteses foram estimados.

Tabela 2b. Valores mensais, médias mensais, valores anuais e média anual do KE > 25 em Porto Presidente Stroessner.

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL ANUAL
1966	(112,66)	(61,08)	(66,41)	(43,33)	9,83	7,10	12,78	3,79	0,00	60,83	122,57	39,20	539,58
1967	91,03	98,57	117,63	0,00	24,35	0,00	40,74	37,80	24,74	115,54	73,52	6,66	630,58
1968	57,18	2,74	51,30	116,59	0,00	20,76	0,00	9,43	6,44	192,84	57,28	86,95	601,51
1969	167,09	168,45	32,94	9,46	232,16	25,84	0,00	0,00	6,95	17,68	61,72	98,96	821,25
1970	65,48	4,12	82,88	36,53	3,79	17,49	2,60	0,00	17,95	86,04	3,47	31,24	351,59
1971	168,49	82,93	158,06	26,33	25,70	22,55	22,65	5,41	51,45	31,70	19,36	34,78	649,41
1972	25,03	146,96	31,46	65,13	4,65	25,41	15,50	47,78	99,65	70,70	256,71	26,02	815,00
1973	148,86	45,68	81,96	46,50	158,06	56,07	7,81	0,00	19,26	54,10	25,04	43,04	686,38
1974	335,03	54,32	10,45	10,01	38,58	42,16	0,00	40,97	9,86	31,06	12,31	53,43	638,18
1975	101,82	34,48	89,03	119,93	0,00	44,31	21,51	0,00	3,63	151,20	39,43	129,73	815,07
1976	111,56	0,00	70,41	6,18	19,85	23,81	5,02	55,66	11,25	71,84	81,47	18,63	475,68
1977	95,61	0,00	16,76	0,00	27,52	20,36	16,16	0,00	11,68	42,37	88,39	43,45	362,30
1978	27,91	0,00	35,17	0,00	19,49	49,06	44,96	10,96	0,00	70,53	64,77	17,44	340,29
1979	36,03	149,36	0,00	81,83	113,05	14,02	26,49	64,87	37,99	92,30	98,30	239,63	953,87
1980	146,10	67,46	151,76	8,21	39,69	12,75	2,88	16,27	0,00	22,80	(71,74)	(62,08)	601,74
Média Mensal	112,66	61,08	66,41	43,33	47,78	25,45	14,61	19,53	20,06	74,10	71,74	62,08	618,83

- Os dados entre parênteses foram estimados.

Tabela 3a. Valores mensais, médias mensais, valores anuais e média anual do El₃₀ em

Villarica.

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL ANUAL
1959	41,53	71,94	35,22	175,52	24,85	7,83	8,54	0,00	62,80	59,07	142,00	63,24	692,54
1960	0,00	12,10	0,00	38,10	12,65	0,00	7,40	34,63	7,47	77,51	85,16	3,28	278,30
1961	66,66	69,64	69,99	69,50	59,23	27,60	7,29	3,08	23,20	42,74	108,55	19,73	567,21
1962	84,46	58,90	55,09	25,48	28,39	0,00	1,26	3,77	14,71	24,19	69,22	15,31	380,78
1963	15,36	14,55	87,72	0,00	27,02	27,24	0,00	0,00	31,34	11,22	54,88	60,91	330,24
1964	0,00	10,40	143,51	46,83	22,11	0,00	54,63	56,55	28,49	7,90	83,50	133,68	587,60
1965	76,18	222,08	71,80	166,88	17,08	85,50	5,08	137,53	44,06	107,25	1,33	274,58	1209,35
1966	287,88	448,55	48,54	15,92	20,38	107,63	2,30	22,02	0,00	109,86	93,05	19,16	1175,29
1967	247,10	18,46	162,90	13,01	0,00	5,62	24,10	71,26	4,59	41,78	7,96	(73,50)	670,28
1968	(103,71)	(61,23)	(117,79)	86,74	1,27	3,66	0,00	8,97	49,42	142,13	46,42	78,56	699,90
1969	181,10	45,39	145,67	52,70	57,33	79,98	5,22	0,95	31,55	92,82	285,84	77,82	1056,37
1970	40,31	37,34	343,57	6,21	58,53	17,43	0,75	1,39	174,88	53,24	4,28	20,04	757,97
1971	137,94	113,10	371,17	57,16	1,56	18,81	54,16	37,47	30,81	5,42	12,76	49,79	890,16
1972	4,16	76,27	50,67	74,77	31,94	255,59	3,38	24,83	96,14	168,98	171,77	70,07	1028,57
1973	168,18	23,52	324,15	101,45	119,18	104,06	0,00	18,68	48,24	79,19	24,64	157,00	1168,29
1974	13,75	37,03	101,38	6,42	83,50	47,68	0,00	51,25	2,55	62,57	197,78	57,85	661,76
1975	149,01	38,21	83,50	60,18	24,64	35,93	21,21	1,44	170,87	31,72	78,20	80,78	775,69
1976	123,67	1,40	61,08	54,71	15,48	1,21	0,00	0,98	6,82	190,75	111,69	15,33	583,12
1977	133,34	5,66	14,83	9,75	9,93	102,07	0,00	0,88	11,74	19,81	91,12	35,43	434,56
1978	34,36	11,91	159,65	0,00	0,00	6,39	24,30	17,57	51,29	33,44	120,96	13,77	473,64
1979	0,00	21,88	21,41	151,33	323,91	0,00	5,30	294,26	31,32	110,87	223,90	134,69	1318,87
1980	329,58	14,03	219,67	36,83	205,16	1,38	0,00	91,82	21,29	72,20	94,81	4,92	1091,69
1981	198,93	7,34	22,71	609,70	13,84	18,72	0,00	5,21	0,00	37,34	120,84	102,27	1136,90
1982	8,90	80,26	0,00	78,08	49,71	131,36	149,10	21,27	41,62	24,24	438,77	288,82	1312,13
1983	129,54	70,41	3,71	306,57	131,86	91,13	4,51	0,00	9,33	178,72	196,80	20,67	1138,25
1984	120,84	20,33	346,93	11,29	4,78	10,21	0,00	5,50	11,22	12,41	271,66	39,90	855,07
Média Mensal	103,71	61,23	117,79	86,74	51,71	45,66	14,56	35,05	38,68	69,13	120,49	73,50	818,25

- Os dados entre parênteses foram estimados.

Tabela 3b. Valores mensais, médias mensais, valores anuais e média anual do KE > 25 em Villarrica.

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL ANUAL
1959	49,53	38,41	40,83	109,35	19,56	18,91	5,52	0,00	32,53	39,21	84,92	24,33	463,10
1960	0,00	0,00	0,00	22,57	7,58	0,00	16,76	7,58	0,00	59,42	59,75	0,00	173,66
1961	31,76	28,99	45,99	34,88	32,02	7,58	7,34	0,00	12,02	14,83	62,62	13,24	291,27
1962	46,42	32,80	47,72	24,49	32,38	0,00	0,00	0,00	0,00	23,88	45,58	0,00	253,27
1963	20,04	20,23	47,52	0,00	4,65	7,58	0,00	0,00	23,85	13,26	13,64	51,15	201,92
1964	0,00	1,30	96,96	35,87	14,91	0,00	43,16	31,91	32,80	0,00	31,91	89,56	378,38
1965	18,12	159,07	38,74	94,71	11,96	41,09	2,74	87,90	31,38	48,21	0,00	181,67	715,59
1966	168,27	245,16	24,56	0,00	0,00	104,29	0,00	19,98	0,00	76,13	67,54	16,76	722,69
1967	150,42	0,00	82,70	0,00	0,00	1,58	9,58	50,94	0,00	17,15	0,00	(50,07)	362,44
1968	(65,66)	(38,60)	(78,08)	(44,38)	0,00	0,00	0,00	0,00	23,54	56,55	43,97	71,61	422,39
1969	98,70	27,30	53,89	7,58	23,63	36,24	0,00	0,00	0,00	37,15	208,67	63,96	557,12
1970	50,00	43,57	341,15	0,00	16,76	0,00	0,00	0,00	79,18	28,53	0,00	0,00	559,19
1971	66,40	118,94	245,11	45,43	0,00	0,00	6,23	7,58	10,55	0,00	10,55	55,15	565,94
1972	3,90	67,81	27,75	22,93	20,85	96,92	0,00	28,91	59,75	143,80	154,48	37,22	664,32
1973	124,29	10,12	218,73	51,63	61,54	54,68	0,00	0,00	38,74	31,91	0,00	119,93	711,57

continua ...

- Os dados entre parênteses foram estimados.

continuação ...

Tabela 3b. Valores mensais, médias mensais, valores anuais e média anual do KE >25 em

Villarica.

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL ANUAL
1974	5,02	21,09	77,15	0,00	27,30	29,56	0,00	27,12	0,00	15,99	194,97	51,69	449,89
1975	73,47	26,58	37,85	32,53	0,00	15,15	0,00	0,00	89,75	21,81	51,54	54,23	402,91
1976	94,04	0,00	35,64	7,58	21,96	0,00	0,00	0,00	0,00	103,27	67,41	21,98	351,88
1977	101,77	14,56	0,00	15,02	0,00	46,70	0,00	0,00	16,76	18,12	34,01	27,30	274,24
1978	36,32	0,00	118,98	0,00	0,00	0,00	15,02	10,55	10,55	0,00	68,13	10,55	270,10
1979	0,00	30,37	21,98	61,15	197,74	0,00	0,00	121,44	0,00	89,01	127,61	100,48	749,68
1980	160,51	0,00	146,32	16,76	116,15	0,00	0,00	51,63	0,00	41,09	77,33	3,44	613,23
1981	126,14	0,00	16,76	307,00	12,29	4,12	0,00	0,00	0,00	26,70	95,70	66,58	655,29
1982	0,00	37,69	0,00	29,99	36,95	82,64	90,22	43,97	27,30	7,58	246,14	137,90	740,38
1983	104,93	29,23	0,00	190,04	56,53	57,49	0,00	0,00	10,56	112,50	163,74	20,39	745,41
1984	115,55	11,83	185,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,81	6,14	127,86	32,53	481,37
Média Mensal	65,66	38,60	78,08	44,38	27,49	23,25	7,56	18,83	19,42	39,70	78,39	50,07	491,43

- Os dados entre parênteses foram estimados.

por este mesmo método. Nota-se também, nessas mesmas tabelas, que os valores anuais extremos do Índice $KE > 25$ são menores do que os do El_{30} para ambas as localidades.

Para a execução da análise estatística, feita no Centro de Informática para a Agricultura (CIAGRI) da USP, Piracicaba, SP, tomou-se um período de 15 anos (1966 a 1980) em ambas as localidades, utilizando-se a transformação $\log(x + 5,0000)$, onde, x é o valor total mensal dos índices. A escolha dessa transformação se deve ao fato de que $\log(x + 5,0000)$ apresentou-se como a melhor dentre as opções adotadas, no tocante a normalidade dos dados mensais e anuais dos índices El_{30} e $KE > 25$).

Ao se efetuar a análise das médias anuais dos índices, entre as localidades, comprovou-se estatisticamente a homogeneidade das médias quanto ao local e índice; mas, considerando-se os diferentes índices num mesmo local, houve diferença nas suas médias. Testaram-se essas condições, não tendo sido encontradas evidências que levassem à rejeição dessas hipóteses. Isto indica que não foi encontrada diferença significativa ao nível de 1% entre os valores médios anuais do índice El_{30} em Porto Presidente Stroessner e Villarrica; o mesmo ocorrendo com os valores médios anuais do $KE > 25$ entre ambas as localidades. Foi encontrada diferença significativa entre os valores médios anuais dos índices El_{30} e $KE > 25$ em Porto Presidente Stroessner e em Villarrica. Esta observação discorda do que

foi o apontado por PEREIRA (1983) para Piracicaba.

Os fatores (R) calculados por ALONSO (1982), para Porto Presidente Stroessner e Villarrica num período de 15 anos (1966 a 1980) e 21 anos (1960 a 1980), foram respectivamente 683,84 e 624,90 tm.mm/ha.h.ano, através da equação $EI = 6,872 (p^2/p)^{0,850}$ desenvolvida por LOMBARDI NETO (1977), baseada em Fournier (1960). Considerando os valores médios anuais do índice EI_{30} (944,93 e 818,25 tm.mm/ha.h.ano) para Porto Presidente Stroessner e Villarrica, houve uma diferença acentuada entre esses valores. A razão mais provável dessa diferença pode estar na metodologia utilizada e o número de anos analisados, especialmente para o caso de Villarrica.

4.2. Distribuição Mensal e Estacional do Índice de Erosão

Nas Figuras 3a, 3b, 3c e 3d, estão apresentadas as distribuições dos valores médios mensais dos índices EI_{30} e $KE > 25$ para as duas localidades. As Figuras 3a e 3b demonstram um comportamento semelhante no decorrer do ano, quando são comparados os mesmos índices entre locais diferentes.

Ao se efetuar a análise de variância entre os valores médios mensais dos índices mostrados nas tabelas 2a, 2b, 3a e 3b, para um período de 15 anos (1966 a 1980), entre as localidades, somente foi detectada diferença significativa entre o mês de ju

FIG. 3b - Distribuição do índice KE > 25 - P. P. Stroessner e Villarica.

FIG. 3d - Distribuição dos índices EI30 e KE > 25 - Villarica

FIG. 3c - Distribuição do índice EI30 - P. P. Stroessner e Villarica

FIG. 3e - Distribuição dos índices EI30 e KE > 25 - P. P. Stroessner

lho, ao nível de 1%, quando foram comparados índices iguais entre locais diferentes, o que explica o comportamento semelhante desses índices (Figura 3a e 3b) no decorrer do ano. No entanto, em Porto Presidente Stroessner, entre os índices médios mensais El_{30} e $KE > 25$ foi encontrada diferenças significativas, ao nível de 5%, entre os meses de agosto e setembro e em Villarrica, ao mesmo nível de significância, entre os meses de abril, setembro e outubro, respectivamente; existindo uma predominância do El_{30} sobre o $KE > 25$ (Figura 3c e 3d). Esta observação também foi feita por PEREIRA (1983), para Piracicaba, onde o $KE > 25$ em quase todos os meses, exceção de fevereiro, apresentou-se menor do que o El_{30} .

Na tabela 4, estão apresentados os valores percentuais do índice médio mensal em relação ao total médio anual, além dos percentuais correspondentes às estações do ano. Os valores mais elevados, para os índices nas duas localidades foram os dos meses de outubro a maio, representando, respectivamente, 83,75 e 87,13% para o El_{30} e $KE > 25$ em Porto Presidente Stroessner, sendo que 83,63 e 85,95% em Villarrica. Os meses de janeiro, outubro e novembro em Porto Presidente Stroessner e, em Villarrica os de janeiro, março e novembro apresentam estatisticamente os valores de maior significância dentro do período de outubro a maio. A tabela 4 mostra, também que o verão e a primavera em ordem de importância, a exceção do El_{30} em Villarrica, são as estações com as

Tabela 4 - Distribuição percentual mensal e estacional dos índices EI_{30} e $KE > 25$ para as duas localidades.

Mês	EI_{30} %		$KE > 25$ %	
	Porto Presidente Stroessner	Villarrica	Porto Presidente Stroessner	Villarrica
Janeiro	16,08	12,67	18,21	13,36
Fevereiro	9,15	7,48	9,87	7,85
Março	8,91	14,40	10,73	15,89
Abril	8,02	10,60	7,00	9,03
Maio	8,55	6,32	7,72	5,60
Junho	5,22	5,58	4,11	4,73
Julho	2,79	1,78	2,36	1,54
Agosto	3,70	4,28	3,16	3,83
Setembro	4,54	4,73	3,24	3,95
Outubro	11,55	8,45	11,97	8,08
Novembro	12,50	14,73	11,59	15,95
Dezembro	8,99	8,98	10,04	10,19
Primavera (21/09-20/12)	31,68	32,40	31,17	34,16
Verão (21/12-20/03)	36,23	31,51	41,37	34,62
Outono (21/03-20/06)	21,87	25,81	19,01	22,25
Inverno (21/06-20/09)	10,22	10,28	8,45	8,97
Estações mais erosivas (P+V)	67,91	63,91	72,54	68,78
Estações menos erosivas (O+I)	32,09	36,09	27,46	31,22

mais elevadas erosividades, contribuindo com 67,91 e 72,54% do valor médio anual da erosividade, para ambos os índices em Porto Presidente Stroessner e com 63,91 e 68,78% em Villarri-
ca; enquanto que o inverno foi a estação de menor erosividade nas duas localidades. PEREIRA (1983) com a designação esta-
ção chuvosa, encontrou também, para Piracicaba, que o verão e a primavera foram as estações onde ocorre o maior risco de erosão. No entanto, CHAVES e FREIRE (1978) e CHAGURI e FREIRE (1981), encontraram como as estações com maior risco de erosão o verão e o outono para a Micro-Região Homogenea nº 98 (PB) e para a Micro-Bacia Hidrografica da Fazenda Ipanema, (Iperô, SP). Estas observações são de grande importância prática para as áreas cultivadas; pois, espera-se para aqueles meses e estações, nas duas localidades, que ocorram grandes perdas de solo. Deve-se notar que a maior parte das chuvas erosivas coincide com a época de preparo do solo, plantio e primeiros estágios de desenvolvimento da maioria das culturas anuais.

Ao se efetuar a análise de variância entre os valores médios estacionais dos índices para um período de 15 anos (1966 a 1980), não se encontrou diferença significativa ao nível de 1%, quando foram comparadas as estações de iguais índices entre os locais; mas, considerando-se índices diferentes em cada local, no outono e inverno, foram observadas diferenças significativas ao nível de 1%, entre El_{30} e $KE > 25$ pa

ra Porto Presidente Stroessner e Villarrica, respectivamente.

As figuras 4a, 4b, 4c e 4d apresentam as comparações das distribuições da erosividade média acumulada em função do tempo, para as duas localidades. Nota-se que não existe diferença acentuada entre as curvas, e que em quase todos os meses, ambos os Índices em Porto Presidente Stroessner, apresentam-se relativamente maiores em relação aos de Villarrica (figuras 4a e 4b). Porém, nas figuras 4c e 4d, o índice $KE > 25$ de janeiro a julho, apresenta-se maior do que o El_{30} , quando comparado em cada local, sendo típicas suas formas para as condições climáticas vigentes.

O conhecimento da distribuição da erosividade média acumulada em função do tempo é de importância para a avaliação do fator uso e manejo (Fator C) da EUPS, devido ao fator (R) representado pelo Índice de erosão médio anual não ser suficiente para medir o efeito de diferenças na precipitação, quando se faz a estimativa de perdas de solo no decorrer do ano.

Nas figuras 5a, 5b, 5c e 5d, estão apresentadas as distribuições entre a precipitação e os Índices El_{30} e $KE > 25$, todos em porcentagem do valor médio mensal sobre o valor médio anual em ambas as localidades. Nota-se que as distribuições apresentam as mesmas tendências; isto é, quando as precipitações são elevadas, os valores da erosividade são

FIG. 4a.— Curvas de distribuição do EI_{30} — P.P.Stroessner e Villarica

FIG. 4b.— Curvas de distribuição dos índices EI_{30} e $KE>25$ — P.P.Stroessner

FIG. 4c.— Curvas de distribuição do $KE>25$ — P.P.Stroessner e Villarica.

FIG. 4d.— Curvas de distribuição dos índices EI_{30} e $KE>25$ — Villarica.

FIG. 5a - Distribuição do E_{130} e da precipitação - P.P. Stroessner

FIG. 5b - Distribuição do E_{130} e da precipitação - Villarica

FIG. 5c - Distribuição do $KE > 25$ e da precipitação - P.P. Stroessner

FIG. 5d - Distribuição do $KE > 25$ e da precipitação - Villarica

também elevados, ocorrendo, também, o inverso.

Nos meses de junho a setembro em Porto Presidente Stroessner, (figuras 5a e 5c), observa-se a predominância da precipitação sobre o EI_{30} e $KE > 25$, o que indica a ocorrência de chuvas de baixa intensidade. O inverso ocorre nos demais meses, o que demonstra que nesses meses predominam chuvas de alta intensidade, com exceção de dezembro. Porém, em Villarrica, (figuras 5b e 5d) nos meses de maio a outubro existe predominância da precipitação sobre o EI_{30} e $KE > 25$, com exceção de fevereiro (Figura 5d), acontecendo o contrário nos demais meses, com exceção de dezembro. O que também indicou que nesses meses predominam chuvas de alta intensidades. Esta importante relação da precipitação com a erosividade também foi apontado por PEREIRA (1983) e CHAVES e FREIRE (1978).

4.3. Distribuição da Frequência e Probabilidade de Ocorrência da Erosividade.

A distribuição da frequência e a probabilidade de ocorrência dos valores anuais, mensais, médio mensal e máximo individual mensal dos índices de erosão, foram calculados num período de 26 anos para Villarrica, que segundo WISCHMEIER (1959), é o período mais desejável para esse fim; no entanto, para o Porto Presidente Stroessner, utilizou-se apenas 15 anos.

As tabelas 5a e 5b apresentam, respectivamente, para ambas as localidades os valores anuais da erosividade, suas frequências e probabilidades de ocorrência. Observa-se por interpolação linear que o El_{30} e o $KE > 25$ médio anual tem uma probabilidade ao redor de 0,4625 e 0,5265 de ocorrer, pelos menos, uma vez a cada 2,16 e 1,89 anos em Porto Presidente Stroessner e, em Villarrica de 0,4613 e 0,4760 de ocorrer, pelos menos, uma vez cada 2,17 e 2,10 anos.

O conhecimento da distribuição teórica da probabilidade de ocorrência dos índices tem importância prática, pois, as recomendações para o controle da erosão podem ser baseada em qualquer nível de probabilidade.

As figuras 6a, 6b, 6c e 6d apresentam as probabilidades mensais de ocorrência dos índices El_{30} e $KE > 25$, em níveis de 0,0625, 0,1876, 0,4386 e 0,9434 em Porto Presidente Stroessner e, em Villarrica em níveis de 0,0370, 0,1852, 0,4808 e 0,9709, respectivamente. Os valores para a elaboração dessas figuras foram extraídos das tabelas 1a, 1b, 1c e 1d, apresentadas no apêndice.

Observa-se que as curvas de 0,0625 de probabilidades das figuras 6a e 6b e as de 0,0370 das figuras 6c e 6d em Porto Presidente Stroessner e Villarrica, respectivamente, indicam que em cada 16 e 27 anos, pelo menos uma vez, poderá atingir, ou mesmo ultrapassar, os valores máximos mensais ob-

Tabela 5a - Frequência e probabilidade de ocorrência dos índices anuais de erosão (EI₃₀ e KE > 25) em Porto Presidente Stroessner.

Ano	EI ₃₀		KE > 25		Número de ordem m	Frequência (ano) T*	Probabilidade P** (%)
	Valor anual	Ano	Valor anual	Valor anual			
1979	1.411,12	1979	953,87		1	16,00	6,25
1969*	1.388,93	1969	821,25		2	8,00	12,50
1972	1.239,08	1975	815,07		3	5,33	18,76
1975	1.191,56	1972	815,00		4	4,00	25,00
1973	1.081,92	1973	686,38		5	3,20	31,25
1974	1.059,37	1971	649,41		6	2,67	37,45
1971	958,69	1974	638,18		7	2,28	43,86
1968	923,34	1967	630,58		8	2,00	50,00
1980	915,32	1980	601,75		9	1,78	56,18
1967	817,39	1968	601,51		10	1,60	62,50
1966	802,90	1966	539,60		11	1,45	68,96
1976	737,43	1976	475,68		12	1,33	75,19
1977	595,87	1977	362,30		13	1,23	81,30
1970	578,87	1970	351,59		14	1,14	87,72
1978	472,14	1978	340,29		15	1,06	94,34

$$*T = (N + 1)/m \quad **P. = 1/T \times 100$$

Tabela 5b - Frequência e probabilidade de ocorrência dos índices anuais de erosão (El_{30} e $KE > 25$) em Villarrica.

El_{30}		$KE > 25$		Número de ordem m	Frequência Probab.	
Ano	Valor anual	Ano	Valor anual		(ano)	T* p** (%)
1979	1.318,87	1979	749,68	1	27,00	3,70
1982	1.312,13	1983	745,41	2	13,50	7,40
1965	1.209,35	1982	740,38	3	9,00	11,11
1966	1.175,29	1966	722,69	4	6,75	14,81
1973	1.168,29	1965	715,59	5	5,40	18,52
1983	1.138,25	1973	711,57	6	4,50	22,22
1981	1.136,90	1972	664,32	7	3,86	25,91
1980	1.091,69	1981	655,29	8	3,38	29,58
1969	1.056,37	1980	613,23	9	3,00	33,33
1972	1.028,57	1971	565,94	10	2,70	37,04
1971	890,16	1970	559,19	11	2,45	40,82
1984	855,07	1969	557,12	12	2,25	44,44
1975	775,69	1984	481,37	13	2,08	48,08
1970	757,97	1959	463,10	14	1,93	51,81
1968	700,40	1974	449,89	15	1,80	55,55
1959	692,54	1968	422,58	16	1,69	59,17
1974	661,76	1975	402,91	17	1,59	62,89
1967	670,28	1964	378,38	18	1,50	66,66
1964	587,60	1967	362,44	19	1,42	70,42
1976	583,12	1976	351,81	20	1,35	74,07
1961	567,21	1961	291,27	21	1,28	78,12
1978	473,64	1977	274,24	22	1,23	81,30
1977	434,56	1978	270,10	23	1,17	85,47
1962	380,78	1962	253,27	24	1,12	89,28
1963	330,24	1963	201,92	25	1,08	92,59
1960	278,30	1960	173,66	26	1,03	97,09

$$*T = (N + 1)/m$$

$$**P = 1/T \times 100$$

servados. Espera-se, portanto que grandes perdas de solo ocorram nessas condições, caso o solo não esteja devidamente protegido.

Nota-se também nessas figuras a grande amplitude existente entre os valores, nos meses em que os índices foram elevados, mostrando a desuniformidade da distribuição da erosividade no decorrer do ano, nos locais de estudo. O mesmo mostram os valores variáveis da probabilidade de ocorrência das médias mensais dos índices nas tabelas 2a e 2b do apêndice. CHAVES e FREIRE (1978), observaram também, a distribuição irregular da erosividade no decorrer do ano ao relacionar a probabilidade da distribuição padrão, com a probabilidade das médias observadas.

As probabilidades de ocorrência de valores máximos individuais no decorrer do ano, da erosividade, apresentam-se nas tabelas 3a, 3b, 3c e 3d do apêndice.

Comparando-se os valores das tabelas 3a e 3b do apêndice com as figuras 6a e 6b, no nível de 0,0625, nota-se que os meses de janeiro e maio apresentam os valores máximos totais mensais (424,17 e 335,03 tm.mm/ha.h) e os maiores valores individuais (207,91 e 142,83 tm.mm/ha.h) para o EI_{30} e $KE > 25$, contribuindo em 49,01% e 42,63% dos totais mensais dos índices.

Ao comparar a tabela 3c do apêndice com a figura 6c no nível de 0,0370, observa-se que o mês de abril corresponde ao maior valor individual para o El_{30} (572,14 tm.mm/ha.h), contribuindo em 93,84% do total mensal do El_{30} , e, entre a tabela 3d do apêndice e a figura 6d no nível de 0,0370, o mês de abril corresponde ao maior valor individual para o $KE > 25$ (276,51 tm.mm/ha.h), contribuindo em 90,07% do total mensal do $KE > 25$.

Estas relações mostram o elevado potencial erosivo de uma chuva individual de elevada frequência e baixa probabilidade; porém, com risco de grande perda de solo. PE-reira (1983) visou estas mesmas observações ao enfatizar o elevado valor da erosividade de uma única chuva e apesar desta apresentar uma baixa probabilidade.

4.4. Chuvas Críticas

Nas tabelas 6a e 6b estão apresentados os valores da precipitação anual, da precipitação usada para o cálculo da erosividade e, das que apresentam um ou mais momentos críticos. Observa-se a estreita relação entre os valores das precipitações usadas no cálculo do El_{30} e das chuvas críticas em ambas as localidades, chegando a coincidir em alguns anos

Tabela 6a - Precipitações anuais, erosivas e críticas em Porto Presidente Stroessner.

Ano	Pt ^{1/}	PEI ₃₀ ^{2/}	PKE > 25 ^{3/}	Py ^{4/}
1966	1 612,70	1 130,04	892,95	1 114,53
1967	1 398,50	1 006,00	862,70	993,70
1968	1 526,20	1 313,50	972,90	1 255,20
1969	2 223,60	1 932,10	1 424,60	1 881,30
1970	1 310,40	1 115,00	773,50	1 035,70
1971	1 992,20	1 581,50	1 209,40	1 553,50
1972	2 016,90	1 752,20	1 348,00	1 752,20
1973	1 938,70	1 601,50	1 223,90	1 556,30
1974	1 781,60	1 603,40	1 183,30	1 603,40
1975	1 711,20	1 380,00	1 113,40	1 380,00
1976	1 378,60	1 135,70	923,60	1 135,70
1977	1 419,20	1 047,00	737,50	1 032,40
1978	1 230,30	825,40	589,90	825,40
1979	2 114,90	1 620,20	1 368,00	1 620,20
1980	1 435,00	1 361,40	948,62	1 360,50

^{1/} Pt = precipitação total do ano

^{2/} PEI₃₀ = precipitação usada no cálculo do índice EI₃₀

^{3/} PKE>25 = precipitação usada no cálculo do índice KE > 25

^{4/} Py = precipitação que apresenta algum momento crítico, segundo Yarnell.

Tabela 6b - Precipitações anuais, erosivas e críticas em Villarica.

Ano	Pt <u>1/</u>	PEI ₃₀ <u>2/</u>	PKE > 25 <u>3/</u>	Py <u>4/</u>
1959	1 693,90	1 137,23	729,92	906,63
1960	1 072,00	616,02	394,61	500,52
1961	1 723,50	1 256,84	891,93	1 033,43
1962	1 293,20	844,62	424,21	650,22
1963	1 532,50	749,92	524,22	601,92
1964	1 605,60	1 027,13	647,31	900,22
1965	2 236,30	1 951,54	1 478,73	1 660,23
1966	1 707,40	1 309,82	912,41	1 126,01
1967	1 433,10	1 032,11	620,45	787,73
1968	1 520,80	1 059,68	667,03	863,89
1969	1 967,20	1 676,76	1 084,82	1 376,95
1970	1 386,60	1 129,23	834,72	993,83
1971	1 685,90	1 345,94	786,92	1 009,13
1972	1 740,80	1 583,66	1 198,04	1 333,06
1973	1 863,20	1 513,15	1 057,13	1 191,54
1974	1 665,00	1 265,14	765,02	872,33
1975	1 800,60	1 510,55	789,22	1 067,73
1976	1 163,70	894,52	679,01	725,72
1977	1 181,60	860,13	471,61	616,42
1978	1 181,30	974,02	495,21	664,21
1979	1 729,50	1 587,46	987,02	1 117,73
1980	1 535,20	1 422,74	985,93	1 121,83
1981	1 282,00	1 109,04	748,72	909,43
1982	1 879,30	1 544,73	1 228,22	1 342,83
1983	2 084,70	1 723,35	1 228,14	1 339,24
1984	1 502,50	1 113,34	702,11	848,82

1/ Pt = precipitação total do ano.

2/ PEI₃₀ = precipitação usada no cálculo do índice EI₃₀.

3/ PKE>25 = precipitação usada no cálculo do índice KE> 25

4/ Py = precipitação que apresenta algum momento crítico, segundo Yarnell.

como em 1972, 1974, 1975, 1976 e 1979 em Porto Presidente Stroessner. Isto mostra que WISCHMEIER e SMITH (1958) e Yarnell (BARNETT, 1958), consideraram os mesmos critérios na maioria das vezes para identificações das chuvas erosivas e das que apresentam um ou mais momentos críticos. Isto já foi apontado por PEREIRA (1983), para Piracicaba, ao comparar os valores de precipitação que contêm momentos críticos, com os usados para o cálculo do EI_{30} .

Observa-se também nessas mesmas tabelas que a precipitação utilizada para o cálculo do $KE > 25$ é bem menor do que a utilizada para o cálculo do EI_{30} e da chuva crítica, o que indica que o critério adotado por HUDSON (1971) é mais rigoroso para o cálculo do EI_{30} e das chuvas críticas.

4.5. Avaliação da Erosividade da Chuva por meio de Dados Pluviométricos

4.5.1. O Índice de Erosão e a Razão de Precipitação.

As equações obtidas através de regressões lineares simples e da função potência entre os índices médios mensais (EI_{30m} e $KE > 25m$) e a razão de precipitação (coeficiente de chuva): $R_p = p^2/P$, em ambas as localidades, mostram-se nas figuras 7a, 7b, 7c e 7d. Para Porto Presidente Stroessner (figu-

FIG. 7a — Regressão entre o índice El_{30} médio mensal (El_{30m}) e o coeficiente de chuva, $(R_p = p^2/P)$ — P.P. Stroessner.

FIG. 7b — Regressão entre o índice $KE_{>25}$ médio mensal ($KE_{>25m}$) e o coeficiente de chuva, $(R_p = p^2/P)$ — P.P. Stroessner.

OBS.: A ordenada e a abscissa não começam em zero.

FIG. 7c — Regressão entre o índice El_{30} médio mensal (El_{30m}) e o coeficiente de chuva, $(Rp = p^2/P)$ — Villarica

FIG. 7d — Regressão entre o índice $\text{KE}_{>25}$ médio mensal ($\text{KE}_{>25m}$) e o coeficiente de chuva, $(Rp = p^2/P)$ — Villarica

ras 7a e 7b) foram:

$$EI_{30m} = 6,4427 + 5,9785 (p^2/P) \quad r = 0,8171^{**}$$

$$KE > 25m = -4,6014 + 4,6447 (p^2/P) \quad r = 0,8041^{**}$$

Para Villarrica (figuras 7c e 7d), foram:

$$EI_{30m} = 6,4191 (p^2/P)^{0,9580} \quad r = 0,9643^{**}$$

$$KE > 25m = 2,6049 (p^2/P)^{1,1031} \quad r = 0,9483^{**}$$

onde:

EI_{30} e $KE > 25m$ são os índices médio mensal; p a precipitação média mensal em milímetros; P a precipitação média anual em milímetro nos períodos de 15 e 25 anos em Porto Presidente Stroessner e Villarrica, respectivamente.

Observa-se nas figuras 7a e 7b que as equações indicam uma relação linear entre as variáveis, especificando o modelo do tipo $Y = a + bx$, e nas figuras 7c e 7d uma função potência do tipo $Y = \alpha x^\beta$, com $\beta \geq 1$ e $\beta < 1$, com elevado coeficiente de correlação significativo ao nível de 1%. Comparando-se os coeficientes de correlação das equações obtidas, os de Villarrica mostram valores mais altos, para um período maior de estudo em relação a Porto Presidente Stroessner.

As equações que relacionam o EI_{30m} e $KE > 25m$ com o R_p em ambas as localidades são diferentes às obtidas por PEREIRA (1983) para Piracicaba e por LOMBARDI NETO (1977) para Campinas. Quando a essas equações foram aplicados os dados de Porto Pre

sidente Stroessner, estimam com precisão o valor da erosividade; no entanto, quando foram aplicados os dados de Villarrica os valores médios anuais obtidos para EI_{30} e $KE > 25$ foram 812,49 e 479,53 tm.mm/ha.h.ano, respectivamente. Neste caso, subestimou-se ligeiramente o valor da erosividade.

4.5.2. Índice de Erosão e Precipitação

As regressões entre os Índices médios mensais (EI_{30m} e $KE > 25m$) e a precipitação média mensal (P_m) estão apresentadas nas figuras 8a, 8b, 8c e 8d para ambas as localidades. As equações obtidas para Porto Presidente Stroessner foram:

$$EI_{30m} = -62,3025 + 1,0119 P_m \quad r = 0,8149^{**}$$

$$KE > 25m = -57,4513 + 0,7821 P_m \quad r = 0,7978^{**}$$

E para Villarrica foram:

$$EI_{30m} = 0,0055 (P_m)^{1,9160} \quad r = 0,9644^{**}$$

$$KE > 25m = 0,0008 (P_m)^{2,2062} \quad r = 0,9483^{**}$$

Pode-se observar que existe um coeficiente de correlação mais elevado para o índice EI_{30} médio mensal, do que para o $KE > 25$ médio mensal quando relacionada com a precipitação média em ambas as localidades.

Nas figuras 9a, 9b, 9c e 9d mostram-se as regressões entre os valores médios mensais dos índices

FIG. 8a— Regressão entre o índice El_{30} médio mensal (El_{30m}) e a precipitação média mensal (P_m) — P.P. Stroessner.

FIG. 8b — Regressão entre o índice $KE_{>25}$ médio mensal ($KE_{>25m}$) e a precipitação média mensal (P_m) — P.P. Stroessner.

FIG. 8c — Regressão entre o índice EI_{30m} médio mensal (EI_{30m}) e a precipitação média mensal (Pm) — Villarrica

FIG. 8d — Regressão entre o índice $\text{KE}_{>25m}$ médio mensal ($\text{KE}_{>25m}$) e a precipitação média mensal (Pm) — Villarrica

FIG. 9a — Regressão entre o índice EI_{30} médio mensal (EI_{30m}) e a precipitação útil (PEI_{30m}) — P.R. Stroessner.

FIG. 9b — Regressão entre o índice $KE>25$ médio mensal ($KE>25m$) e a precipitação útil ($PKE>25m$) — P.R. Stroessner.

FIG. 90 — Regressão entre o índice El₃₀ médio mensal (El_{30m}) e a precipitação útil (PEl_{30m}) — Villarria

FIG. 94 — Regressão entre o índice KE>25 médio mensal (KE>25m) e a precipitação útil (PKE>25m) — Villarria

(EI_{30m} e $KE > 25m$) e as respectivas precipitações utilizadas nos seus cálculos (precipitação útil: PEI_{30m} e $PKE > 25m$) para os locais de estudo. As equações obtidas para Porto Presidente Stroessner foram:

$$EI_{30m} = -44,5542 + 1,0877 PEI_{30m} \quad r = 0,8992^{**}$$

$$KE > 25m = -23,9362 + 0,8728 PKE > 25m \quad r = 0,9591^{**}$$

As obtidas para Villarrica foram:

$$EI_{30m} = 0,0553 (PEI_{30m})^{1,5234} \quad r = 0,9765^{**}$$

$$KE > 25m = 0,2999 (PKE > 25m)^{1,1528} \quad r = 0,9691^{**}$$

Nota-se que o coeficiente de correlação, considerando-se o EI_{30m} , mostrou-se inferior ao $KE > 25m$, quando relacionados com as precipitações em Porto Presidente Stroessner, porém, em Villarrica ocorre o contrário e pode-se considerar que em todos os casos encontraram-se elevados coeficientes de correlação, diferentemente do que foi observado por PEREIRA - (1983) para Piracicaba, onde foi encontrada uma baixa correlação entre EI_{30m} e PEI_{30m} .

Nas figuras 10a, 10b, 10c e 10d estão apresentadas as regressões entre os valores dos índices médios mensais (EI_{30m} e $KE > 25m$) e as precipitações médias mensais que apresentavam um ou mais momentos críticos, segundo Yarnell (Py) para ambas as localidades.

As equações obtidas para Porto Presidente

FIG. 10a — Regressão entre o índice EI_{30} médio mensal (EI_{30m}) e a precipitação crítica (P_y) — R.P. Stroessner.

FIG. 10b — Regressão entre o índice $KE_{>25}$ médio mensal ($KE_{>25m}$) e a precipitação crítica (P_y) — P.P. Stroessner.

FIG. 10c — Regressão entre o índice EI_{30m} médio mensal (EI_{30m}) e a precipitação crítica (Py) — Villarria.

FIG. 10d — Regressão entre o índice $\text{KE}_{>25m}$ médio mensal ($\text{KE}_{>25m}$) e a precipitação crítica (Py) — Villarria.

Stroessner foram:

$$EI_{30m} = -42,1541 + 1,0800 Py \quad r = 0,9104^{**}$$

$$KE > 25m = -40,1835 + 0,8196 Py \quad r = 0,8752^{**}$$

Para Villarrica, as equações obtidas foram as seguintes:

$$EI_{30m} = 0,3672 (Py)^{1,1791} \quad r = 0,9806^{**}$$

$$KE > 25m = 0,1153 (Py)^{1,3197} \quad r = 0,9718^{**}$$

Foi observado um coeficiente de correlação mais elevado quando se relacionou o EI_{30} médio mensal (EI_{30m}) e a precipitação que apresentou momentos críticos (Py), do que quando se relacionou este parâmetro com o $KE > 25$ médio mensal ($KE > 25m$), em ambas as localidades.

5. CONCLUSÕES

Nas condições do presente trabalho, os resultados obtidos e discutidos permitiram as conclusões que estão apresentadas a seguir.

1. O fator (R) da Equação Universal de Perdas de Solo (EUPS) foi avaliado pelos valores médios anuais dos índices EI_{30} e $KE > 25$, sendo de 944,93 e 618,83 tm.mm/ha.h.ano para Porto Presidente Stroessner e para Villarrica, de 818,25 e 491,43 tm.mm/ha.h.ano, respectivamente. Os índices EI_{30} e $KE > 25$ médios anuais, para um período de 15 anos são diferentes entre si, quando comparados no mesmo local e são iguais quando comparados em locais diferentes.

2. O período de outubro a maio é aquele no qual ocorre o valor mais elevado da erosividade média mensal, sendo de 83,75 e 87,13% para o EI_{30} e $KE > 25$ em Porto Presidente Stroessner e em Villarrica, de 83,63 e 85,95% dos valores mé-

dios anuais. Os meses de janeiro, outubro e novembro em Porto Presidente Stroessner e os de janeiro, março e novembro em Villarrica, apresentaram os valores de maior significância, dentro do período de outubro a maio. Nesses meses, pode-se esperar maiores perdas de solo, caso não se aplique nenhuma prática conservacionista.

Na distribuição mensal para um período de 15 anos, os meses de agosto e setembro diferem entre si em Porto Presidente Stroessner e os de abril, setembro e outubro, em Villarrica, existindo nesses meses uma predominância do E_{130} sobre o $KE > 25$.

3. Os períodos estacionais com maior risco de erosão foram a primavera e o verão, coincidindo com o período de maior precipitação. Porém, foi comum a ocorrência de chuvas individuais com grande capacidade erosiva nas estações de menor erosividade. Desta maneira a erosividade relativamente alta do outono é, em grande parte, devida às chuvas do mês de março. As estações de outono e inverno, para um período de 15 anos, diferem entre si em ambos os locais.

4. A probabilidade de ocorrência da maior parte das chuvas altamente erosivas coincide com a época de preparo do solo, plantio e primeiros estágios de desenvolvimento da maioria das culturas anuais. Isto, sugere que sejam pesquisadas algumas mudanças dessas épocas, fazendo-as coincidir com

os períodos menos erosivos, sem prejudicar a produtividade da cultura.

5. O critério adotado por Hudson, para a seleção das precipitações que devem ser usados no cálculo do $KE > 25$ foi mais rigoroso que o de Wischmeier & Smith e o de Yarnell. Pois, foi observado um alto coeficiente de correlação entre o índice El_{30} médio mensal (El_{30m}) e a chuva crítica média mensal em ambos os locais, o que indica a estreita relação entre os critérios estipulados, pelos dois últimos autores.

6. Observou-se um elevado coeficiente de correlação entre os índices médios mensais de erosão (El_{30m} e $KE > 25m$), a razão de precipitação (coeficiente de chuva), a precipitação média mensal e a precipitação usada para seus cálculos (precipitação útil) nos locais.

As equações obtidas podem ser usadas para o cálculo dos valores médios mensais dos índices para locais que tenham condições pluviais semelhantes às das localidades estudadas, usando-se apenas dados pluviométricos para estimar o fator (R).

As equações obtidas foram as seguintes:

a. Porto Presidente Stroessner

$$\begin{aligned}
 EI_{30m} &= 6,4427 + 5,9785 (p^2/p) & r &= 0,8171^{**} \\
 KE > 25m &= -4,6014 + 4,6447 (p^2/p) & r &= 0,8041^{**} \\
 EI_{30m} &= -62,3025 + 1,0119 Pm & r &= 0,8149^{**} \\
 KE > 25m &= -57,4513 + 0,7821 Pm & r &= 0,7978^{**} \\
 EI_{30m} &= -44,5542 + 1,0877 PEI_{30m} & r &= 0,8992^{**} \\
 KE > 25m &= -23,9362 + 0,8728 PKE > 25m & r &= 0,9591^{**} \\
 EI_{30m} &= -42,1541 + 1,0800 Py & r &= 0,9104^{**} \\
 KE > 25m &= -40,1835 + 0,8196 Py & r &= 0,8752^{**}
 \end{aligned}$$

b. Villarrica

$$\begin{aligned}
 EI_{30m} &= 6,4191 (p^2/p)^{0,9580} & r &= 0,9643^{**} \\
 KE > 25m &= 2,6049 (p^2/p)^{1,1031} & r &= 0,9483^{**} \\
 EI_{30m} &= 0,0055 (Pm)^{1,9160} & r &= 0,9644^{**} \\
 KE > 25m &= 0,0008 (Pm)^{2,2062} & r &= 0,9483^{**} \\
 EI_{30m} &= 0,0553 (PEI_{30m})^{1,5234} & r &= 0,9765^{**} \\
 KE > 25m &= 0,2999 (PKE > 25m)^{1,1528} & r &= 0,9691^{**} \\
 EI_{30m} &= 0,3672 (Py)^{1,1791} & r &= 0,9806^{**} \\
 KE > 25m &= 0,1153 (Py)^{1,3197} & r &= 0,9718^{**}
 \end{aligned}$$

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHMAD, N. E. BRECKNER, 1974. Soil erosion on three tobago soils. Tropical Agriculture. Ibadan, Nigéria. 51: 313-324.
- ALONSO, J.P., 1982. Levantamento de solos para o planejamento agrícola da Bacia do Rio Acaray. Piracicaba, ESALQ/USP, 233 p. (Tese de Doutorado).
- AZEVEDO, D. da C., 1974. Chuvas no Brasil-Regime, variabilidade e probabilidades de alturas mensais e anuais. Brasília, Departamento Nacional de Meteorologia, 520 p. (Dissertação de Mestrado).
- BARNETT, A.P., 1958. How intense rainfall affects runoff and soil erosion. Agricultural Engineering. St. Joseph, 39: 703 - 711.
- BAVER, L.D., 1947. Rainfall characteristics of Missouri in relation runoff and erosion, Soil Scil. So. of Am. Proc. Madison, 2(4): 533-536.

- BERTONI, J. e F.I. PASTANA, 1964. Relação chuvas-perdas por erosão em diferentes tipos de solo. Bragantia, Campinas, 23(1): 3-11.
- BISAL, F. 1960. The effet of raindrop size and impact velocity on sand splash. Canadian Journal of Soil Science, Ottawa, 40: 242-245.
- CABEDA, M.S.V., 1976. Computation of Storm El values. West Lafayette, Purdue University. 6p.
- CATANEO, A.; C. CASTRO FILHO e R.M. ACQUAROLE, 1982. Programa para cálculo de Índices de erosividade de chuvas. R. Bras. Ci. Solo. Campinas, São Paulo, 6 (3): 236-239.
- CHAGURI NETO, L. e O. FREIRE, 1981. Erosividade da chuva na região da Fazenda Ipanema, município de Iperô (SP). In: Anais do XI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola. Brasília, Distrito Federal (S. ed).
- CHAVES, I.B. e O. FREIRE, 1978. Erosividade das chuvas na Micro-Região Homogênia Brasileira nº 98 (PB). Revista da Agricultura. Piracicaba, São Paulo. LIII (4): 255-260.
- ELLISON, W.D., 1944. Problems of raindrop impact erosion. Agricultural Engineering. St. Joseph, Michigan, 25:131-136 e 181-182.

FAO, 1964. Report on the soils of Paraguay. 2^a ed. Rome, FAO/ UNESCO. 50 p. (World soil resources reports, (24)).

FAO, 1967. La erosión del suelo por el agua: algunas medidas para combatirla en las tierras de cultivo. Roma, Italia. Organización de las Naciones Unidas. (Cuadernos de Fomento Agropecuario nº 81). 207 p.

FOSTER, G.R.; D.M. McCOOL; K.G. RENARD e W.C. MOLDENHAUER, 1981. Conversion of the universal soil loss equation of SI metric units. J. of Soil and Water Conservation. Baltimore, 36(6): 355-359.

GUNN, R. e G.D. KINZER, 1949. The Terminal Velocity of fall for water droplets in stagnant air. J. of Meteorology. 6:243-248.

HUDSON, N., 1971. Soil conservation. Ithaca, Cornell University Press. 320 p.

KINEL, P.I.A., 1973. The problem of assessing the erosive power of rainfall from meteorological observations. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 37 (6): 617-621.

LAWS, J.O., 1941. Measurements of the fall-velocity of water drops and raindrops. Trans. Am. Geophys. Un. Washington, 22: 709-721.

LAWS, J.O. e PARSONS, D.A., 1943. The relation of raindrop size to intensity. Trans. Am. Geophys. Un. Washington, 24: 452-459.

LOMBARDI NETO, F., 1977. Rainfall erosivity-its distribution and relationship with soil loss at Campinas, Brazil. Lafayette, Purdue University, 53 p. (Thesis MS).

LOMBARDI NETO, F.; I.R. SILVA e O.M. CASTRO, 1980. Potencial de erosão das chuvas do Estado de São Paulo. In: Anais do Terceiro Encontro Nacional de Pesquisa sobre Conservação do Solo. Recife, Pernambuco.

LOMBARDI NETO, F. e W.C. MOLDENHAUER, 1980. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com perdas de solo em Campinas, SP. In: Anais do Terceiro Encontro Nacional de Pesquisa sobre Conservação do Solo. Recife, Pernambuco.

PEREIRA, H.H.G., 1983. Índices de erosividade da chuva: distribuição e relações com a precipitação em Piracicaba (SP). Piracicaba, São Paulo. ESALQ/USP, 70 p. (Dissertação de Mestrado).

SILVA, J.R.C. e O. FREIRE, 1978. Fator chuva para a aplicação na equação universal de perdas de solo, em Piracicaba. Revista da Agricultura. Piracicaba, São Paulo. LIII (4): 229-232.

WISCHMEIER, W.H. e D.D. SMITH, 1958. Rainfall energy and its relationship to soil loss. Trans. Am. Geophys. Un. Washington, 39: 285-291.

WISCHMEIER, W.H., 1959. A rainfall erosion index for a universal soil loss equation. Soil Sci. Soc. Am. Proc. Madison, 23 (3): 246-249.

WISCHMEIER, W. H.; D. D. SMITH e R. E. UHLAND, 1958. Evolution of factors in the soil loss equation. Agricultural Engineering. St. Joseph, 39 (8) : 458-462.

WISCHMEIER, W.H., 1960. Cropping-management factor evaluations for a universal soil-loss equation. Soil Sci. Soc. Am. Proc. Madison. 24: 322-326.

WISCHMEIER, W.H., 1962. Rainfall erosion potencial. Agricultural Engineering. St. Joseph, 43 (4): 312-315.

WISCHMEIER, W.H. e D.D. SMITH, 1965. Predicting rainfall erosion losses from eropland East of the Rocky Mountains- Guide for selection of practices for soil and water conservation, U.S. Dept. Agric., 47 p. (Agriculture Handbook n° 282.

WISCHMEIER, W.H. e D.D. SMITH, 1978. Predicting rainfall erosion losses-A guide to conservation planning. Washington, Sci. and Educ. Admin, U.S. Dept. Agric., 58 p. (Agriculture Handbook nº 537).

A P E N D I C E

TABELA 1a - Probabilidade de ocorrência dos valores mensais do Índice El₃₀ em Porto Presidente Stroessner.

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	Nº de ordem	Prob (%)
424,17	218,63	244,39	265,35	424,17	96,54	81,19	101,50	141,40	279,68	355,11	285,61	1	6,25	
257,07	216,45	169,98	221,08	254,92	94,52	77,70	80,20	80,72	204,05	185,68	187,24	2	12,50	
211,90	193,74	132,63	196,13	164,98	80,46	64,79	76,75	65,45	149,22	181,66	116,57	3	18,76	
211,28	121,29	107,30	85,54	95,91	78,42	56,32	73,16	57,23	143,84	152,79	115,19	4	25,00	
198,87	97,61	98,88	81,60	67,58	68,40	44,06	34,59	52,27	116,79	150,00	104,25	5	31,25	
156,84	93,60	91,72	75,75	49,37	54,25	30,53	28,10	46,42	115,61	118,16	85,03	6	37,45	
151,95	92,24	86,72	57,52	35,67	50,14	26,31	27,03	34,10	102,39	104,15	78,36	7	43,86	
146,38	86,42	84,19	48,35	32,72	47,33	22,53	26,33	29,91	90,39	90,55	52,27	8	50,00	
112,03	86,25	71,36	34,73	23,63	44,02	14,26	17,24	29,74	84,97	90,37	51,38	9	56,18	
110,16	65,24	60,15	31,05	18,76	39,50	12,78	14,59	27,62	73,52	88,67	46,41	10	62,50	
92,11	12,32	49,49	18,34	16,38	38,28	8,21	12,67	25,73	65,09	77,09	43,56	11	68,96	
90,24	5,60	33,72	15,08	8,86	24,32	6,82	12,64	24,01	63,53	74,07	42,06	12	75,19	
42,30	3,43	13,04	3,09	8,56	11,88	5,00	12,27	20,85	57,84	49,49	36,25	13	81,30	
37,08	3,41	12,04	2,71	8,04	9,37	2,71	4,33	4,68	46,90	42,04	20,78	14	87,72	
36,89	0,00	7,25	0,00	2,21	2,41	1,53	3,08	3,99	42,65	12,59	10,44	15	94,34	

Ordem de
decréscimo
de valor
mensal

TABELA 1b - Probabilidade de ocorrência dos valores mensais do Índice KE>25 em Porto Presidente Stroessner.

JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	Nº de ordem	Prob. (%)
335,03	168,45	158,06	199,93	232,16	56,07	44,96	64,87	99,65	192,84	256,71	239,63	1	6,25
168,48	149,36	151,76	116,59	158,06	49,06	40,74	55,66	51,45	151,20	122,57	129,73	2	12,50
167,09	146,96	117,63	81,83	113,05	44,31	26,49	47,78	37,99	115,54	98,30	98,96	3	18,76
148,86	98,57	89,03	65,13	39,69	42,16	22,65	40,97	24,74	92,30	88,39	86,95	4	25,00
146,10	82,93	82,88	46,50	38,58	25,84	21,51	37,80	19,26	86,04	81,47	62,08	5	31,25
112,66	67,46	81,96	43,34	27,52	25,41	16,16	16,27	17,95	71,84	73,52	53,43	6	37,45
111,56	61,08	70,41	36,53	25,70	23,81	15,50	10,96	11,68	70,70	71,74	43,45	7	43,86
101,82	54,32	66,41	26,33	24,35	22,55	12,78	9,43	11,25	70,53	64,77	43,04	8	50,00
95,61	45,68	51,30	10,01	19,85	20,76	7,81	5,41	9,86	60,83	61,72	39,20	9	56,18
91,03	34,48	35,17	9,46	19,49	20,36	5,02	3,79	6,95	54,10	57,28	34,78	10	62,50
65,48	4,12	32,94	8,21	9,83	17,49	2,88	0,00	6,44	42,37	39,24	31,24	11	68,96
57,18	2,74	31,46	6,18	4,65	14,02	2,60	0,00	3,63	31,70	25,04	26,02	12	75,19
36,03	0,00	16,76	0,00	3,79	12,75	0,00	0,00	0,00	31,06	19,36	18,63	13	81,30
27,91	0,00	10,45	0,00	0,00	7,10	0,00	0,00	0,00	22,80	12,31	17,44	14	87,72
25,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	17,68	3,47	6,66	15	94,34

Ordenação decrescente do valor mensal

TABELA 1c - Probabilidade de ocorrência dos valores mensais do Índice El₃₀ em Villarrica.

JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	Nº de ordem	Prob. (%)
329,58	448,55	371,17	609,70	323,91	255,59	149,10	294,26	174,88	190,75	438,77	288,82	1	3,70
287,88	222,08	346,93	306,57	205,16	131,36	54,63	137,53	170,87	178,72	285,84	274,58	2	7,40
247,10	113,10	343,57	175,52	131,86	107,63	54,16	91,82	96,14	168,98	271,66	157,00	3	11,11
198,93	80,26	324,15	166,88	119,18	104,06	24,30	71,26	62,80	142,13	223,90	134,69	4	14,81
181,10	76,27	219,67	151,33	83,50	102,07	24,10	56,55	51,29	110,87	197,78	133,68	5	18,52
168,18	71,94	162,90	101,45	59,23	91,13	21,21	51,25	49,42	109,86	191,80	102,27	6	22,22
149,01	70,41	159,65	86,74	58,53	85,50	8,54	37,47	48,24	107,25	171,77	80,78	7	25,91
137,94	69,64	145,67	78,08	57,33	79,98	7,40	34,63	44,06	92,82	142,00	78,56	8	29,58
133,34	61,23	143,51	74,77	49,71	47,68	7,29	24,83	41,62	79,19	120,96	77,82	9	33,33
129,54	58,90	117,79	69,50	31,94	35,93	5,30	22,02	31,55	77,51	120,84	73,50	10	37,04
123,67	45,39	101,38	60,18	28,39	27,60	5,22	21,27	31,34	72,20	111,69	70,07	11	40,82
120,84	38,21	87,72	57,16	27,02	27,24	5,08	18,68	31,32	62,57	108,55	63,24	12	44,44
103,71	37,34	83,50	54,71	24,85	18,81	4,51	17,57	30,81	59,07	94,81	60,91	13	48,08
84,46	37,03	71,80	52,70	24,64	18,72	3,38	8,97	28,49	53,24	93,05	57,85	14	51,81
76,18	23,52	69,99	46,83	22,11	17,43	2,30	5,50	23,20	42,74	91,12	49,79	15	55,55
66,66	21,88	61,08	38,10	20,38	10,21	1,26	5,21	21,29	41,78	85,16	39,90	16	59,17
41,53	20,33	55,09	36,83	17,08	7,83	0,75	3,77	14,71	37,34	83,50	35,43	17	62,89
40,31	18,46	50,67	25,48	15,48	6,39	0,00	3,08	11,74	33,44	78,20	20,67	18	66,66
34,36	14,55	48,54	15,92	13,84	5,62	0,00	1,44	11,22	31,72	69,22	20,04	19	70,42
15,36	14,03	35,22	13,01	12,65	3,66	0,00	1,39	9,33	24,24	54,88	19,73	20	74,07
13,75	12,10	22,71	11,29	9,93	1,38	0,00	0,98	7,47	24,19	46,42	19,16	21	78,12
8,90	11,91	21,41	9,75	4,78	1,21	0,00	0,95	6,82	19,81	24,64	15,33	22	81,30
4,16	10,40	14,83	6,42	1,57	0,00	0,00	0,88	4,59	12,41	12,76	15,31	23	85,47
0,00	7,34	3,71	6,21	1,27	0,00	0,00	0,00	2,55	11,22	7,96	13,77	24	89,28
0,00	5,66	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,90	4,28	4,92	25	92,59
0,00	1,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,42	1,33	3,28	26	97,09

Ordenação decrescente do valor mensal

TABELA 1 d - Probabilidade de ocorrência dos valores mensais do Índice KE>25 em Villarrica.

JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	Nº de ordem	Prob. (%)
168,27	245,16	341,15	307,00	197,74	104,29	90,22	121,44	89,75	143,80	246,14	181,67	1	3,70
160,51	159,07	245,11	190,04	116,15	96,92	43,16	87,90	79,18	112,50	208,67	137,90	2	7,40
150,42	118,94	218,73	109,35	61,54	82,64	16,76	51,63	59,75	103,27	194,97	119,93	3	11,11
126,14	77,15	185,65	94,71	56,53	57,49	15,02	50,94	38,74	89,01	163,74	100,48	4	14,81
124,29	67,81	146,32	61,15	36,95	54,68	9,58	43,97	32,80	76,13	154,48	89,56	5	18,52
111,55	43,57	118,98	51,63	32,38	46,70	7,34	31,91	32,53	59,42	127,86	71,61	6	22,22
104,93	38,60	96,96	45,43	32,02	41,09	6,23	28,91	31,38	56,55	127,61	66,58	7	25,91
101,77	38,41	82,70	44,38	27,30	36,24	5,52	27,12	27,30	48,21	95,70	63,96	8	29,58
98,70	37,69	78,08	35,87	23,63	29,56	2,74	19,98	23,85	41,09	84,92	55,15	9	33,33
94,04	32,80	77,15	34,88	21,96	18,91	0,00	10,55	23,54	39,21	77,33	54,23	10	37,04
73,47	30,37	53,89	32,53	20,85	15,15	0,00	7,58	16,76	37,15	68,13	51,69	11	40,82
66,40	29,23	47,72	29,99	19,56	7,58	0,00	7,58	12,02	37,91	67,54	51,15	12	44,44
65,66	28,99	47,52	24,49	16,76	7,58	0,00	0,00	10,56	28,53	67,41	50,07	13	48,06
50,00	27,30	45,99	22,93	14,91	4,12	0,00	0,00	10,55	26,70	62,62	37,22	14	51,81
49,53	26,58	40,83	22,57	12,29	1,58	0,00	0,00	10,55	23,88	59,75	32,53	15	55,55
46,42	20,23	38,74	16,76	11,96	0,00	0,00	0,00	5,81	21,81	51,54	27,30	16	59,17
36,32	14,56	37,85	15,02	7,58	0,00	0,00	0,00	0,00	18,12	45,58	24,33	17	62,89
31,76	11,83	35,64	7,58	4,65	0,00	0,00	0,00	0,00	17,15	43,97	21,98	18	66,66
20,04	10,12	27,75	7,58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	15,99	34,01	20,39	19	70,42
18,12	1,30	24,56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	14,83	31,91	16,76	20	74,07
5,02	0,00	16,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13,26	13,64	13,24	21	78,12
3,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,58	10,55	10,55	22	81,30
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,14	0,00	3,44	23	85,47
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	24	89,28
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	25	92,59
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	26	97,09

Ordenação decrescente do valor mensal

Tabela 2a. Probabilidade de ocorrência das médias mensais dos Índices de erosão em Porto Presidente Stroessner.

Mês	EI ₃₀		KE > 25	
	Média mensal	Probabilidade (%)	Média mensal	Probabilidade (%)
Janeiro	151,95	43,86	112,66	37,45
Fevereiro	86,42	50,00	61,08	43,86
Março	84,19	50,00	66,41	50,00
Abril	75,75	37,45	43,34	37,45
Maio	80,79	28,33	47,78	24,31
Junho	49,32	45,65	25,45	36,87
Julho	26,32	43,84	14,61	45,87
Agosto	34,96	31,19	19,53	35,36
Setembro	42,94	39,26	20,06	30,34
Outubro	109,10	40,61	74,10	36,46
Novembro	118,16	37,45	71,74	43,86
Dezembro	85,03	37,45	62,08	31,25

Tabela 2b. Probabilidade de ocorrência das médias mensais dos índices de erosão em Villarrica.

Mês	EI ₃₀		KE > 25	
	Média mensal	Probabilidade (%)	Média mensal	Probabilidade (%)
Janeiro	103,71	48,08	65,66	48,08
Fevereiro	61,23	33,33	38,60	25,91
Março	117,79	37,04	78,08	33,33
Abril	86,74	25,91	44,38	29,58
Maio	51,71	32,35	27,49	29,43
Junho	45,65	33,97	23,25	35,53
Julho	14,56	24,16	7,56	21,86
Agosto	35,05	29,04	18,83	33,78
Setembro	38,68	34,57	19,42	30,76
Outubro	69,13	41,97	39,70	36,07
Novembro	120,49	37,18	78,39	36,52
Dezembro	73,50	37,04	50,07	48,08

Tabela 3a. Probabilidade de ocorrência de valores máximos mensais do Índice El₃₀ em Porto Pre-
sidente Stroessner.

Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	P (%)
193,18	184,92	140,06	174,67	207,91	50,25	71,57	45,27	43,74	189,58	179,05	116,42	6,25
150,06	167,01	79,33	166,67	240,33	49,62	45,59	39,86	36,40	153,13	152,79	93,51	12,50
118,42	90,91	59,96	127,48	76,12	39,10	35,31	34,11	31,33	89,44	120,91	51,83	18,76
107,37	75,59	43,24	48,38	57,24	37,30	17,79	27,36	27,56	56,96	119,22	45,14	25,00
95,96	73,51	40,26	35,41	48,64	36,31	17,24	24,17	25,59	54,26	71,23	39,91	31,25
85,05	59,63	39,39	35,06	26,52	36,18	13,70	21,26	24,21	44,61	66,93	39,44	37,45
80,99	55,77	36,14	32,96	22,37	34,92	11,09	17,55	23,98	43,34	58,31	37,28	43,86
80,67	45,37	35,37	31,98	15,52	27,85	9,01	14,59	21,50	40,52	50,18	36,62	50,00
63,12	40,83	33,55	23,97	14,62	25,21	8,77	12,64	20,85	39,87	48,54	33,29	56,18
55,80	24,81	29,46	15,72	14,11	23,56	8,21	12,27	20,22	36,86	48,04	18,19	62,50
54,75	8,49	23,02	15,08	12,08	18,55	5,95	11,92	17,79	34,66	45,74	17,95	68,96
40,86	3,43	22,62	12,78	8,04	11,29	5,67	11,65	14,46	27,25	34,28	17,95	75,19
34,24	3,41	9,78	3,09	5,66	11,25	3,42	10,87	10,26	26,50	33,90	17,88	81,30
31,74	2,89	8,00	2,71	4,42	9,37	2,71	3,08	4,68	25,19	28,71	15,76	87,72
27,57	0,00	3,67	0,00	2,21	2,41	1,53	2,47	3,99	24,68	10,67	10,44	94,34

Ordem
de
decrecente
do
valor
máximo
individual

TABELA 3b - Probabilidade de ocorrência de valores máximos mensais do Índice KE > 25 em Pôrto.

Presidente Strossner.

JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	Prob. (%)
142,83	125,46	119,28	95,72	127,70	38,70	33,21	35,17	31,96	122,43	127,05	103,23	6,25
105,34	114,80	63,73	90,50	130,19	35,80	24,16	33,50	24,74	99,73	73,52	61,98	12,50
85,38	70,90	44,97	71,00	77,81	26,01	20,89	29,47	22,41	55,94	71,48	37,97	18,76
74,87	64,73	40,58	36,53	32,74	25,41	15,70	17,71	15,14	53,94	60,98	30,18	25,00
74,59	57,35	37,03	32,70	31,06	23,95	12,27	13,10	13,27	45,25	56,26	30,05	31,25
61,99	39,12	35,17	27,91	18,60	20,76	9,05	12,63	11,25	44,02	48,63	28,58	37,45
60,66	36,40	34,87	25,09	18,33	14,87	7,57	10,96	9,86	39,61	45,35	27,92	43,86
57,29	28,35	31,50	15,08	16,76	14,02	6,88	9,43	8,29	38,73	44,09	24,56	50,00
48,27	23,42	31,50	10,01	13,82	13,71	5,21	5,41	6,66	38,58	36,38	22,23	56,18
43,98	19,39	24,74	5,61	11,31	12,75	5,02	3,79	6,44	23,40	24,55	19,64	62,50
37,70	4,12	17,44	5,34	6,04	11,36	2,88	0,00	3,79	22,83	22,77	17,44	68,96
37,30	2,74	16,76	3,17	4,65	10,96	2,60	0,00	3,63	19,78	26,16	16,02	75,19
36,03	0,00	14,98	0,00	3,79	10,84	0,00	0,00	0,00	18,05	15,89	15,56	81,30
22,43	0,00	10,45	0,00	0,00	7,10	0,00	0,00	0,00	17,68	8,84	8,79	87,72
21,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,36	3,47	6,66	94,34

Ordenação decrescente do valor máximo individual do KE>25

Tabela 3c - Probabilidade de ocorrência de valores máximos mensais do Índice El₃₀ em Villarrica.

	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Agos.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	P (%)
294,41	190,51	326,58	572,14	150,61	90,92	141,59	276,61	118,07	141,13	214,02	210,82	3,70	
129,29	112,07	239,84	138,55	104,88	74,14	50,19	94,75	86,69	110,73	136,58	80,03	7,40	
125,77	66,66	160,98	111,16	89,44	73,28	33,44	79,29	74,74	84,93	136,36	73,61	11,11	
125,45	59,66	158,85	88,52	76,11	71,63	18,36	61,86	56,72	83,86	120,87	72,10	14,81	
117,77	53,58	145,07	78,08	53,08	65,65	13,54	35,77	45,57	83,37	100,65	55,04	18,52	
106,85	43,40	113,38	69,98	42,23	65,01	13,24	34,51	41,62	58,67	87,29	48,71	22,22	
75,90	38,27	91,11	65,72	40,65	47,25	8,54	20,15	38,15	50,67	86,00	48,55	25,91	
63,40	36,79	86,07	59,39	34,35	41,88	7,40	20,06	27,98	50,51	84,41	39,07	29,58	
61,67	32,88	75,24	46,75	28,39	36,29	5,30	19,59	27,75	46,60	75,41	38,15	33,33	
59,27	28,40	74,91	43,88	27,79	27,60	5,22	18,99	27,29	36,67	71,04	37,53	37,04	
55,11	25,25	72,30	40,87	27,65	27,24	4,56	17,57	22,19	35,44	62,62	37,16	40,82	
54,53	21,12	62,15	37,48	25,78	26,12	3,99	12,68	17,63	35,44	55,45	33,83	44,44	
51,18	19,64	52,51	30,94	22,48	15,15	3,38	11,96	16,88	30,28	55,30	31,21	48,08	
50,45	17,45	45,79	30,84	22,11	9,60	2,90	5,21	15,62	28,39	48,47	30,73	51,81	
35,40	16,83	40,58	30,55	15,92	9,59	1,90	5,17	11,74	28,33	47,73	21,42	55,55	
33,08	15,02	39,80	25,25	15,26	7,83	1,26	5,03	11,45	20,96	43,04	20,67	59,17	
31,94	12,92	39,18	17,37	13,84	5,62	0,75	3,08	10,64	20,11	42,69	19,16	62,89	
29,46	11,15	26,10	14,00	10,50	4,30	0,00	1,88	9,33	19,32	42,38	17,75	66,66	
11,80	10,72	25,93	8,85	10,33	3,95	0,00	1,44	8,67	13,17	38,54	17,02	70,42	
10,61	9,35	22,71	8,48	9,93	3,66	0,00	1,39	7,34	12,48	35,97	16,39	74,07	
8,90	8,83	18,35	7,12	9,38	1,21	0,00	0,98	4,59	12,41	35,63	15,93	78,12	
4,67	7,76	18,05	6,21	4,78	0,71	0,00	0,95	3,95	12,08	20,61	15,33	81,30	
4,16	7,17	9,75	6,17	1,57	0,00	0,00	0,88	2,55	10,13	7,96	15,31	85,47	
0,00	4,35	2,46	5,36	1,27	0,00	0,00	0,00	1,94	8,01	6,94	13,77	89,28	
0,00	3,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,90	2,94	3,28	92,59	
0,00	1,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,91	1,04	3,25	97,09	

ORDENAÇÃO DECRESCENTE DO VALOR MÁXIMO INDIVIDUAL DO EI₃₀

TABELA 3d - Probabilidade de ocorrência de valores máximos mensais do Índice KE > 25 em Villarica.

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	Prob. (%)
136,17	97,81	184,84	276,51	92,46	56,33	84,51	121,44	56,69	100,06	120,04	103,50	3,70	
92,76	74,60	177,43	83,18	49,28	50,50	43,16	46,49	54,55	78,80	107,24	64,69	7,40	
86,09	65,53	134,34	53,57	48,39	41,09	16,76	44,06	38,74	57,85	98,57	56,86	11,11	
78,70	32,80	93,25	51,63	32,38	41,09	15,02	43,97	32,80	51,54	79,26	55,15	14,81	
71,72	30,12	89,42	48,39	31,91	33,82	9,58	34,88	32,53	38,74	74,41	51,54	18,52	
55,36	27,30	82,70	37,86	27,30	33,51	7,34	25,19	27,30	38,57	71,27	48,67	22,22	
54,90	24,24	54,51	32,53	21,98	32,53	6,23	25,05	25,70	33,51	63,07	47,48	25,91	
50,03	21,98	49,02	32,53	21,51	29,56	5,52	24,33	25,00	31,86	55,50	40,17	29,58	
49,53	21,98	46,12	31,24	19,56	18,91	2,74	19,98	16,76	29,56	51,54	38,74	33,33	
43,97	21,09	38,74	24,99	17,15	18,12	0,00	10,55	16,76	26,70	45,37	29,64	37,04	
41,84	21,08	38,20	24,49	16,76	15,15	0,00	7,58	10,56	24,33	43,97	29,08	40,82	
38,69	16,76	37,14	18,12	16,76	7,58	0,00	7,58	10,55	21,98	43,76	24,33	44,44	
34,88	16,76	34,88	16,76	16,71	7,58	0,00	0,00	10,55	21,09	40,10	21,98	48,08	
34,32	15,70	30,96	16,76	15,39	4,12	0,00	0,00	9,34	20,44	40,10	21,98	51,81	
33,51	15,02	27,30	15,36	14,91	1,58	0,00	0,00	9,01	14,01	38,99	21,09	55,55	
27,30	14,56	25,54	15,02	12,29	0,00	0,00	0,00	5,81	13,26	38,74	20,39	59,17	
18,12	11,83	24,56	13,19	7,58	0,00	0,00	0,00	0,00	10,55	32,53	19,78	62,89	
16,76	10,12	24,48	7,58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,55	29,56	18,12	66,66	
16,76	7,58	21,98	7,58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,58	24,33	16,76	70,42	
15,39	1,30	21,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,41	18,12	16,76	74,07	
5,02	0,00	21,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,58	13,64	10,55	78,12	
3,90	0,00	16,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,58	10,55	9,58	81,30	
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,14	0,00	3,44	85,47	
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	89,28	
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	92,59	
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	97,09	

Ordenação decrescente do valor máximo individual de KE > 25