

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ - UNIOESTE
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO MENSAL NO ESTADO DO
PARANÁ

CALIL ABUMANSUR

CASCADEL – Paraná – Brasil

Julho – 2006

CALIL ABUMANSUR

**ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO MENSAL NO ESTADO DO
PARANÁ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Agrícola, área de concentração **Recursos Hídricos e Meio-Ambiente** da Universidade do Oeste do Paraná - UNIOESTE.

Orientador: Prof. Dr. Benedito Martins
Gomes

Co-orientador: Prof. Dr. Manoel Moisés
Ferreira de Queiroz

CASCADEL – Paraná – Brasil

Julho – 2006

CALIL ABUMANSSUR

“Estimativa da evapotranspiração mensal no Estado do Paraná”

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola, área de concentração Engenharia de Recursos Hídricos e Meio Ambiente, aprovada pela seguinte banca examinadora:

Orientador: Prof. Dr. Benedito Martins Gomes
UNIOESTE/CCET – Cascavel - PR

Prof. Dr. Antônio de Pádua Sousa
UNESP/FCA – Botucatu – SP

Prof. Dr. Silvio César Sampaio
UNIOESTE/CCET – Cascavel – PR

Cascavel, 25 de julho de 2006

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Prof. Dr. Benedito Martins Gomes, pela liberdade e confiança, mas principalmente pela visão do prático e do possível.

Ao Prof. Dr. Manoel Moisés Ferreira de Queiroz, pela ajuda na Estatística.

Aos professores da área de Recursos Hídricos do Programa de Mestrado em Engenharia Agrícola da UNIOESTE, pela oportunidade.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	v
LISTA DE TABELAS.....	vi
RESUMO	vii
ABSTRACT.....	viii
<u>1 INTRODUÇÃO.....</u>	<u>1</u>
<u>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</u>	<u>3</u>
<u>2.1 EVAPOTRANSPIRAÇÃO.....</u>	<u>3</u>
<u>2.2 MÉTODOS DE MEDIÇÕES DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO.....</u>	<u>6</u>
<u>2.3 MODELOS MATEMÁTICOS.....</u>	<u>14</u>
<u>2.4 TESTES DE ADERÊNCIA.....</u>	<u>16</u>
<u>2.4.1 Teste de Wang.....</u>	<u>17</u>
<u>2.4.2 Teste de Kolmogorov-Smirnov.....</u>	<u>18</u>
<u>3 MATERIAL E MÉTODOS</u>	<u>19</u>
<u>3.1 DISTRIBUIÇÃO GAMA.....</u>	<u>22</u>
<u>3.2 DISTRIBUIÇÃO LOG NORMAL.....</u>	<u>23</u>
<u>3.3 DISTRIBUIÇÃO GENERALIZADA DE VALORES EXTREMOS.....</u>	<u>24</u>
<u>3.4 AJUSTE DOS MODELOS.....</u>	<u>26</u>
<u>3.5 METODOLOGIA PARA GERAÇÃO DE MAPAS.....</u>	<u>27</u>
<u>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES</u>	<u>28</u>
<u>5 CONCLUSÕES.....</u>	<u>43</u>
<u>REFERÊNCIAS.....</u>	<u>44</u>
APÊNDICES.....	49
APÊNDICE A – PARÂMETROS DAS CURVAS DE AJUSTES.....	50
APÊNDICE B - VALORES ESTIMADOS DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO....	67
APÊNDICE C - VARIAÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL..	79
ANEXO	90
ANEXO A – RADIAÇÃO SOLAR.....	91

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de localização das estações agrometeorológicas e laboratórios do Instituto Agrônômico do Paraná - IAPAR, existentes no Estado do Paraná, até o ano de 2002.....	19
Figura 2 - Curva de ajustes para as distribuições gama e log-normal, representativa do mês de janeiro. Posto 15 - Estação Fernandes Pinheiro.....	28
Figura 3 - Curva de ajuste para distribuição generalizada de valores extremos – GEV, representativa do mês de janeiro. Posto 15 - Estação Fernandes Pinheiro.....	29
Figura 4 - Gráfico da variação da evapotranspiração potencial no Posto 1, com valores calculados em: 10%, 25%, 50%, 75% e 90% de probabilidade de ocorrência.....	30
Figura 5 - Evapotranspiração de janeiro, com altura de lâmina em mm.....	37
Figura 6 - Evapotranspiração de fevereiro, com altura de lâmina em mm.....	37
Figura 7 - Evapotranspiração de março, com altura de lâmina em mm.....	38
Figura 8 - Evapotranspiração de abril, com altura de lâmina em mm.....	38
Figura 9 - Evapotranspiração de maio, com altura de lâmina em mm.....	39
Figura 10 - Evapotranspiração de junho, com altura de lâmina em mm.....	39
Figura 11 - Evapotranspiração de julho, com altura de lâmina em mm.....	40
Figura 12 - Evapotranspiração de agosto, com altura de lâmina em mm.....	40
Figura 13 - Evapotranspiração de setembro, com altura de lâmina em mm.....	41
Figura 14 - Evapotranspiração de outubro, com altura de lâmina em mm.....	41
Figura 15 - Evapotranspiração de novembro, com altura de lâmina em mm.....	42
Figura 16 - Evapotranspiração de dezembro, com altura de lâmina em mm.....	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Coordenadas geográficas das estações agrometeorológicas do estado do Paraná.....	20
Tabela 2 - Períodos de dados de temperaturas observadas nas estações agrometeorológicas do estado do Paraná.....	21
Tabela 3 Valores estimados para a evapotranspiração em mm, segundo o modelo gama considerando as probabilidades de 10%, 25%, 50%, 75% e 90% de ocorrência, nos Postos 1 (Estação Bela Vista do Paraíso) a 7 (Estação Paranavaí), sendo \bar{u} a média da amostra.....	31
Tabela 4- Valores estimados para a evapotranspiração em mm, segundo o modelo gama considerando as probabilidades de 10%, 25%, 50%, 75% e 90% de ocorrência, nos Postos 8 (Estação Umuarama) a 14 (Estação Lapa), sendo \bar{u} a média da amostra.....	31
Tabela 5- Valores estimados para a evapotranspiração em mm, segundo o modelo gama considerando as probabilidades de 10%, 25%, 50%, 75% e 90% de ocorrência, nos Postos 15 (Estação Fernandes Pinheiro) a 22 (Estação Francisco Beltrão), sendo \bar{u} a média da amostra.....	32

RESUMO

ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO MENSAL NO ESTADO DO PARANÁ

Um conjunto de medições de temperaturas médias diárias de 22 estações agrometeorológicas do Instituto Agrônomo do Paraná - IAPAR em operação, foram compiladas originando matrizes de séries temporais mensais de temperatura que permitiram calcular a evapotranspiração pelo Método de Camargo, a partir do qual foram obtidos valores da evapotranspiração mês a mês para cada uma das estações distintas. Aplicando-se os modelos das funções de distribuição gama, log-normal e generalizada de valores extremos, foram utilizados os resultados da evapotranspiração mensal para calcular o valor provável, com 75% de probabilidade de ocorrência. Para verificação de ajuste das curvas de variação das funções distribuição dos modelos gama e log-normal foi utilizado o método de Kolmogorov-Smirnov, para o modelo generalizado de valores extremos a verificação do ajuste utilizou-se do método de Wang. Como resultado, foi observada a variação mensal dos valores de evapotranspiração no Estado, ao longo dos meses. Verificou-se a tendência de regiões mais ao norte apresentarem os maiores valores estimados de lâmina de evapotranspiração e nas estações situadas em áreas de maiores altitudes relativas apresentarem menores valores de lâminas. Quanto aos modelos gama, log-normal e generalizada de valores extremos, utilizados para estimativa da evapotranspiração potencial, ajustaram se satisfatoriamente. Com os valores de cada mês, considerando a probabilidade de 75% de ocorrência, em cada uma das estações, foi montado o mapa das isolinhas que representa a variabilidade da evapotranspiração potencial, segundo o modelo gama, sobre a base cartográfica do estado do Paraná.

Palavras-chave: Método de Camargo, isolinhas, modelos probabilísticos.

ABSTRACT

ESTIMATE OF THE MONTHLY EVAPOTRANSPIRATION IN PARANÁ STATE

A set of measurements of daily average temperatures of 22 agrometeorológicas stations of the Agronomic Institute of the Paraná-IAPAR in operation, were compiled originating monthly series matrices of temperature that permitted to calculate to evapotranspiration by the Method of Camargo from which were obtained values of the evapotranspiration month to month for each one of the distinct stations. It applied the models of the gama distribution functions, log-normal and generalized of extreme value was utilizing the results of the monthly evapotranspiration for calculate the probable value with 75% of occurrence probability. For verification of adjustment of the curves of variation of the functions distribution of the models log-normal end gama the method of Kolmogorov-Smirnov was used, for the generalized model of extreme values the verification of the adjustment was used of the method of Wang. As they turned out was observed the monthly variation of the values of evapotranspiration to the long one of the months in the State, where the tendency of regions more to the north will have the biggest values estimated of sheet of evapotranspiration and in the stations situated in areas of bigger relative altitudes will present sheets values minors. As regards the models range, log-normal and generalized extreme value, utilized for estimate of the evapotranspiration potential, if adjusted satisfactorily. With the values of each month, considering the probability of 75% of occurrence, in each one of the stations, was mounted the map of the isolines that represent the variability of the evapotranspiration potential, according to model gama, on the cartographic base of the State of the Paraná/Brazil.

Keywords: Method Camargo's, isolines; probabilistic models.

1 INTRODUÇÃO

No estudo do ciclo hidrológico são definidos três fenômenos que se consubstanciam na passagem da água, contida na litosfera e na hidrosfera, em direção à atmosfera na forma de vapor: a evaporação, a transpiração das plantas e a evapotranspiração.

OMETTO (1981) afirma que a interação de uma cultura com alguns parâmetros meteorológicos, como: a radiação solar, insolação, temperatura do ar, umidade absoluta do ar e precipitação, estimulam a transpiração vegetal e a evaporação do solo. O total de água perdida pela superfície do solo e das plantas, no processo conjunto de evaporação e de transpiração, corresponde à evapotranspiração.

O conceito de evapotranspiração evoluiu ao longo do tempo. PONCE (1989) cita que o primeiro que apresentou as formas de evapotranspiração e criou a expressão evapotranspiração potencial (ETP) foi Thornthwaite, em 1948, como a soma da evapotranspiração que se origina sobre a superfície do solo na suposição de um amplo estoque da mistura de água e solo durante todo o tempo, portanto, ETP é uma indicação da necessidade ótima de água da cultura.

PONCE (1989) comenta também a evapotranspiração de referência da cultura e informa que os autores desse conceito de evaporação propuseram-se a fixar a evapotranspiração em relação a uma cultura de referência, mais especificamente sobre a grama verde e rasteira e conclui que os métodos usados para cálculos da evapotranspiração potencial assemelham-se aos métodos para calcular a evaporação.

A importância do conhecimento e da medição de como se processa, tanto o fenômeno da evaporação como o da transpiração é inquestionável, pois na

construção do entendimento do ciclo da água no planeta Terra, eles ocorrem ininterruptamente, afetando o clima e o comportamento hidrológico.

REICHARDT (1990) afirma que a evaporação é uma perda indesejável do ponto de vista agrônomo, haja vista que há saída de água do solo sem que ela tenha feito parte das atividades biológicas na cultura. Nesse aspecto, reveste-se de grande importância o conhecimento da intensidade de evaporação ou da transpiração, que é a quantidade de água que evapora na unidade de tempo. Em sua abordagem, o esse autor afirma também que a evaporação perde importância quando a cultura se desenvolve bem e cobre o solo com a sua vegetação, pois as perdas por evaporação se reduzem a valores insignificantes.

Na gestão dos recursos hídricos, há vários aspectos a serem abordados e verificados para que o manejo da água dentro de uma bacia hidrográfica se realize com relativa eficiência. Esse tipo de estudo fundamenta-se principalmente no conhecimento das perdas de água de uma superfície natural como os lagos e os rios e da água contida ou depositada no terreno. Com base nesse conhecimento é possível simular a operação de reservatórios e estudos para obtenção das séries de vazões naturais nos locais de aproveitamento hidrelétrico.

Há inúmeras outras situações, nas quais se revela o quanto de importância se deve dar ao estudo desses três fenômenos: evaporação, transpiração e evapotranspiração. Dentre eles, a evapotranspiração reveste-se de fundamental importância nas análises solo-água-planta, exigindo o levantamento de parâmetros que possam auxiliar na medição da quantidade de água que vai para a atmosfera na forma de vapor, registrados dia-a-dia nas estações agrometeorológicas. A busca do conhecimento quantitativo do processo da evaporação e/ou da evapotranspiração é uma constante. De acordo com PONCE (1989): métodos para calcular esses fenômenos são muitos, cada um com sua própria gama de aplicabilidade.

Considerando as questões acima, foi estabelecido como objetivo geral deste trabalho: mostrar a variação da evapotranspiração mensal no estado do Paraná e como objetivos específicos: utilizar de fórmula empírica que utilize dados de temperatura para obtenção dos valores da evapotranspiração potencial;

aplicar modelos probabilísticos e métodos de ajuste para as séries temporais geradas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 EVAPOTRANSPIRAÇÃO

A importância de se conhecer o comportamento hidrológico ou manejo da água dentro de uma bacia hidrográfica remete os profissionais e os pesquisadores a busca do conhecimento, com certo grau de precisão, sobre o quanto, em termos de volume, pode-se ou deve-se apropriar nas diferentes fases do ciclo hidrológico.

Entre as diferentes fases do ciclo hidrológico ocorrem a evaporação e a evapotranspiração. TUCCI e BELTRAME (2001) apresentam esses dois conceitos de modo distintos, incluindo as maneiras pelas quais um e outro processo são estimados. Segundo esses pesquisadores a evapotranspiração pode ser dividida em: evapotranspiração potencial (ETP) e evapotranspiração real (ETR). Para TUCCI e BELTRAME (2001 p.270) evapotranspiração potencial (ETP) significa a “quantidade de água transferida para a atmosfera por evaporação e transpiração, na unidade de tempo, de uma superfície extensa completamente coberta de vegetação de porte baixo e bem suprida de água”, indicada como sendo o conceito de Pennam (1956). Já a evapotranspiração real (ETR) é a quantidade de água transferida para a atmosfera por evaporação e transpiração, nas condições reais existentes de fatores atmosféricos e teor de água do solo.

Quando ocorre a evaporação da água do solo, das superfícies aquáticas e por transpiração das plantas, aumenta a umidade atmosférica. Ressalte-se que o vapor de água pode passar para a forma líquida ou gasosa em temperaturas atmosféricas normais, pois muda constantemente de fase no sistema Solo-Atmosfera.

AYOADE (2003) cita que o termo evaporação é usado para descrever a perda de água das superfícies aquáticas ou do solo, enquanto que o termo evapotranspiração é usado para descrever a perda de água das superfícies com vegetação, em que a evapotranspiração é um processo combinado de evaporação e transpiração. Esse autor faz uma distinção de que havendo água disponível na superfície em que ocorre a evaporação e evapotranspiração, elas serão na razão máxima possível para aquele ambiente. Afirma que a não ocorrência ou, quase sempre, a não disponibilidade de água em quantidade suficiente na superfície em que há evaporação, determina que a evaporação e a evapotranspiração, freqüentemente, ocorrem a taxas menores do que as que se verificariam caso houvesse sempre água disponível, o que constitui a idéia da evapotranspiração real.

Na conceituação da evapotranspiração, pesquisadores, como GOMES (1988), apresentam na análise hídrica das culturas, três formas que ele chama de evapotranspiração da cultura: evapotranspiração real ou efetiva (ET_r), evapotranspiração potencial ou máxima (ET_p) e a evapotranspiração de referência (ET_o).

Para GOMES (1988) a chamada evapotranspiração real ou efetiva é a quantidade de água realmente consumida, em uma determinada cultura e que, entre outros fatores, depende do conteúdo de umidade efetivamente existente no solo. PEREIRA, ANGELOCCI e SENTELHAS (2002) definem evapotranspiração real como a quantidade de água realmente utilizada por uma extensa superfície vegetada com grama, em crescimento ativo, cobrindo totalmente o solo, porém, com ou sem restrição hídrica.

GOMES (1988) define a evapotranspiração potencial ou máxima como a quantidade de água consumida, em um determinado intervalo de tempo, pela

cultura em plena atividade vegetativa em um solo cujo conteúdo de água se encontra próximo à capacidade de campo. Comparativamente PEREIRA, ANGELOCCI e SENTELHAS (2002) conceituam evapotranspiração potencial (ETP) ou de referência (ETo) como a quantidade de água que seria utilizada por uma extensa superfície vegetada com grama, com altura entre 8 e 15 cm, em crescimento ativo, cobrindo totalmente a superfície do solo e sem restrição hídrica.

GOMES (1988) separa, por fim, a evapotranspiração de referência, como uma taxa de evapotranspiração medida em um local no qual a vegetação é rasteira, verde e uniforme, entre outras considerações. Esse conceito de evapotranspiração de referência vem de Doorenbos e Pruitt (1977), citados por PONCE (1989), como os responsáveis pela padronização do método de medida da evapotranspiração adotado pela *Food and Agriculture Organization of United Nations* - FAO. A aplicação do Método FAO-56 na estimativa da evapotranspiração e simulação do escoamento superficial com predição da concentração de herbicidas na água de campos de arroz foi realizada por VU, WATANABE e TAKAGI (2005), que concluíram pela validade de sua utilização

Pode-se notar que todas essas conceituações incorporam algum subjetivismo, portanto há que se tomar certo cuidado para utilizá-los, procurando ser o mais específico possível, como escreve GOMES (1988).

VILLELA e MATTOS (1975) denominam o conjunto evaporação da água contida no solo e a transpiração de plantas como evapotranspiração. Também é este o conceito adotado por REICHARDT (1990) que, considerando o sistema solo-planta, denomina de evapotranspiração essa transferência de água na forma de vapor. Em outro momento, REICHARDT e TIMM (2004) afirmam que o termo evaporação se restringe a um processo regido por leis puramente físicas em que a água evapora de um solo úmido ou de um reservatório, barragem ou lago.

PEREIRA, ANGELOCCI e SENTELHAS (2002) conceituam a evapotranspiração como o processo simultâneo de transferência de água para a atmosfera por evaporação da água do solo e por transpiração das plantas.

Enfim, não há um consenso sobre as várias maneiras de se classificar o tipo de transferência de água para a atmosfera por evaporação da água do solo e por transpiração das plantas, conseqüentemente não existe um modo único e preciso de se medir essa mudança de estado da água.

2.2 MÉTODOS DE MEDIÇÕES DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO.

TUCCI e BELTRAME (2001) apontam os métodos normalmente utilizados para a determinação da evaporação como: transferência de massa, balanço de energia, equações empíricas, balanço hídrico e evaporímetros. Cada um deles com suas particularidades, vantagens e desvantagens. No caso de se estimar a evapotranspiração, os procedimentos usualmente utilizados são por meio de: medidas diretas, métodos baseados na temperatura, métodos baseados na radiação, método combinado e balanço hídrico.

Diversos fatores afetam a evaporação e a evapotranspiração entre os quais se destacam: a radiação solar, a temperatura, a velocidade do vento e o teor de água. Esses fatores interagem entre si, determinando, que resultados medidos por qualquer processo, conseqüentemente, sejam diferentes de uma observação para outra. SILVA et al. (2006) descrevem a variabilidade dos componentes do balanço hídrico que são afetados por outros fatores.

Sabe-se que qualquer fenômeno ou processo que ocorre na superfície da Terra precisa de energia e esta energia no caso da vaporização da água é cerca de 590 calorias por grama, a uma temperatura de 25°C. Por conseguinte, os fatores que afetam a evaporação e a evapotranspiração envolvem diretamente o quanto de mais ou menos energia será disponibilizado para promover a mudança de estado da água para a forma de vapor.

Seguindo essa linha de raciocínio, pode-se inferir que a evapotranspiração varia ao longo de períodos, sejam horas, dias, semanas, meses

ou ano. Portanto, é necessário enfatizar nos cálculos da evapotranspiração, sempre a que período se refere os valores apresentados.

Procedimentos que utilizam medidas diretas são os lisímetros e as medidas de teor de água do solo. TUCCI e BELTRAME (2001) afirmam que o uso de lisímetro seria a maneira mais correta para se determinar a evapotranspiração, por fazer medidas de volume ou de massa, dependendo do tipo. Sua maior restrição se dá devido ao pequeno volume e/ou área que ele representa. SANTIAGO (2001) utilizou o lisímetro de pesagem em seu experimento e concluiu que, por ser de difícil operação em épocas de chuvas intensas e prolongadas, ele pode apresentar resultados questionáveis para a evapotranspiração. Quanto ao procedimento de se fazer sucessivas medidas de teor de água do solo e depois por diferença estabelecer um valor de evapotranspiração na ausência de precipitação e/ou irrigação, há o inconveniente da grande variabilidade espacial dos solos. Via de regra, utiliza-se esse sistema somente em áreas irrigadas. PEREIRA, ANGELOCCI e SENTELHAS (2002) descrevem a dificuldade e o custo para se realizar a medida direta da evapotranspiração e, por isso, justifica-se a sua utilização somente em condições experimentais.

MENDONÇA et al. (2003) realizaram experimento de campo na região Norte Fluminense (RJ), utilizando-se um lisímetro e comparando-o com métodos de estimativa da evapotranspiração de Penman-Monteith-FAO, Makkink, Linacre, Jensen-Haise, Hargreaves-Samani, Radiação Solar, Tanque Classe "A" e Atmômetro SEEI modificado. A conclusão foi de que todos os métodos, com exceção do Atmômetro SEEI modificado, atendem satisfatoriamente à estimativa da ETo (Evapotranspiração de referência) naquela região do Brasil.

Em estudo realizado por ROCHA, GUERRA e AZEVEDO (2003), foi proposto um ajuste no modelo de Christiansen-Hargreaves (1969) utilizado para o cálculo da evapotranspiração, com a finalidade de ser aplicado na região do cerrado do Brasil, pelos plantadores de feijão. Para comparar a evapotranspiração observada e a estimada, utilizaram dois procedimentos: regressão linear quadrática e regressão linear simples. Suas conclusões quanto ao uso do modelo

empírico proposto por Chistiansen-Hargreaves foi de que ele subestimava significativamente o valor da evapotranspiração para o feijão preto, quando aplicada na sua formulação original, mas ao se fazer um ajuste no termo energético do modelo ele apresentou resultados otimizados que o qualificaram para ser usado.

Quanto à estimativa da evapotranspiração utilizando-se do balanço energético, OMETTO (1981) relata que ela mede a evapotranspiração real e que um método eficiente foi desenvolvido por Bowen (1926), que se baseia no princípio da conservação da energia e que permite determinar a perda de água, independentemente da natureza da superfície evaporante e, em princípio, sem recorrer a hipóteses simplificadoras.

A equação que exprime o balanço de energia é dada por:

$$RL + h = E + S + C \quad (1)$$

Em que:

RL = radiação líquida disponível ao meio, em MJ m⁻²d⁻¹;

h = fluxo de energia calorífica transportada por advecção para a superfície, em MJ m⁻²d⁻¹;

E = fluxo de energia consumida na mudança da fase de água para vapor, ou seja, calor latente de evaporação, em MJ m⁻²d⁻¹;

S = fluxo de calor necessário ao aquecimento do ar, ou calor sensível transportado da superfície, em MJ m⁻²d⁻¹;

C = fluxo de calor no solo. MJ m⁻²d⁻¹.

Bowen (1926), citado por OMETTO (1981), chamou de β a razão S/E, o que sendo utilizada na equação do balanço de energia (Equação 1) e fazendo simplificações, nos fornece como resultado:

$$E = \frac{RL - C}{1 + \beta} \quad (2)$$

Há todo um tratamento matemático demonstrado por OMETTO (1981), para obtenção do valor da chamada evapotranspiração real, em que se verifica o

quanto o processo descrito é puramente energético. SILVA, FOLEGATTI e VILLA NOVA (2005) aplicaram o método de razão de Bowen para a estimativa da evapotranspiração do capim tanzânia.

Outra fórmula que combina a abordagem do balanço energético e aerodinâmico, não exigindo medições complexas dos perfis de temperatura e umidade sobre a superfície em que ocorre a evaporação, é conhecida como a fórmula de Penman (1948) e comentada por vários autores entre eles AYOADE (2003), TUCCI e BELTRAME (2001), PONCE (1989), entre outros.

LUNARDI, LUNARDI e FURLAN (2002) demonstram os efeitos da umidade no desempenho do método de Penman original e modificado. Esses autores concluíram que, para determinadas situações, a aplicação da fórmula superestimou a evapotranspiração e, em outras condições de experimentos, revelou-se altamente precisa, principalmente quando a umidade da superfície do solo se mantinha constante.

Nem sempre é possível conhecer a disponibilidade de energia, quando não se tem dados sobre a radiação solar. Nesse caso a opção mais prática é usar os dados de temperatura do ar.

Para a estimativa da evapotranspiração utilizando-se métodos baseados na temperatura, há várias expressões das quais se destacam as de Thornthwaite, de Blaney-Criddle e de Camargo. PEREIRA, ANGELOCCI e SENTELHAS (2002) comentam que a expressão de Thornthwaite (1948) seria aplicada para a chamada evapotranspiração potencial, que representa o total mensal de evapotranspiração que ocorreria naquelas condições térmicas, mas para um mês padrão de 30 dias, em que cada dia teria 12 horas de fotoperíodo. Essa expressão é definida em duas situações:

$$ETp = 16 (10.Tn / I)^a, \text{ quando } 0 \leq Tn < 26,5^\circ\text{C}, \text{ e} \quad (3)$$

$$ETp = - 415,85 + 32,24 Tn - 0,43 Tn^2, \text{ quando } Tn \geq 26,5^\circ\text{C} \quad (4)$$

Em que: T_n é a temperatura média do mês n , em °C e I um índice que expressa o nível de calor disponível na região. O expoente a da equação é função de I e representa um índice térmico regional, calculado por:

$$I = \sum_{n=1}^{12} (0,2T_n)^{1,514} \quad (5)$$

Em que: a é a da equação de ETP (Equações 3 e 4) calculado pela função polinomial:

$$a = 6,75 \cdot 10^{-7} \cdot I^3 - 7,71 \cdot 10^{-5} \cdot I^2 + 1,7912 \cdot 10^{-2} \cdot I + 0,49239 \quad (6)$$

Os coeficientes I e a são característicos da região e tornam-se constantes, independentes do ano de estimativa da ETP. Em função das considerações colocadas por Thornthwaite, para se obter a ETP do mês correspondente, esse valor de ETP deve ser corrigido em função do número real de dias e do fotoperíodo do mês, ou seja:

$$ETp = ETP \cdot Cor, \text{ sendo } Cor = (ND/30) \cdot (N/12) \quad (7)$$

Em que: ND é o número de dias do mês em questão e N é o fotoperíodo médio daquele mês.

Algumas considerações devem ser feitas a respeito dessa formulação e são comentadas por vários pesquisadores que são: não considerar a influência do vento, nem a advecção do ar frio ou quente; não permitir estimar a ETP para períodos diários; e o seu uso ser considerado mais adequado para regiões úmidas.

SCHNEIDER (2003), em sua dissertação, utilizou três métodos para a determinação da evapotranspiração: Thornthwaite, Camargo e Hargreaves-Samani. Sua escolha se deu pelas condicionantes que limitavam a aplicação de outros métodos empíricos. Na análise de resultados, destacou-se a diferença para mais do método de Hargreaves-Samani, em relação aos outros dois métodos. Os resultados obtidos chegaram a diferenças que superavam 100%, em relação aos outros.

O método de Blaney-Criddle foi desenvolvido em 1950, na região Oeste nos Estados Unidos, por isso, mais indicado para zonas áridas e semi-áridas. A sua formulação também considera a temperatura média mensal do ar e inclui a percentagem mensal de horas-luz do dia durante o ano, que pode ser levantada ou estimada mês a mês em relação à posição geográfica da área a ser avaliada.

Para evitar os cálculos de I e de a da expressão de Thornthwaite (Equações 3 e 4), PEREIRA, ANGELOCCI e SENTELHAS (2002) apresentam a simplificação elaborada por Camargo em 1962, na qual por meio de uma tabela, determina-se a evapotranspiração potencial diária (ET_T em $mm.d^{-1}$), em função das temperaturas média anual (T_a) e mensal (T_m). Da tabela, obtém-se $ET_T = ET_p / 30$. Por conseguinte, há mais uma correção na formulação proposta na metodologia original de Thornthwaite, em que é se obrigado multiplicar o valor de ET_T por 30, para se chegar ao valor da ET_p mensal.

Baseado em dados da temperatura média do mês e um índice da radiação solar global extraterrestre, devidamente tabelado, como mostrado por PEREIRA, ANGELOCCI e SENTELHAS (2002), foi proposto por Camargo (1971) a seguinte fórmula:

$$ETP = 0,01. Q_o. T. ND \quad (8)$$

Em que: Q_o é igual à irradiância solar global extraterrestre, expressa em mm de evaporação equivalente por dia (Figura 1A, Anexo); T a temperatura média do ar expressa em $^{\circ}C$, no período considerado; e ND o número de dias do período considerado.

Essa formulação é conhecida como Método de Camargo e, por ser baseada no Método de Thornthwaite, segue as mesmas considerações sobre as condições de aplicabilidade, principalmente quanto a ser uma boa estimativa de evapotranspiração para as regiões úmidas.

O método do Balanço Hídrico objetivando o cálculo da evapotranspiração, apresentado por TUCCI e BELTRAME (2001), normalmente é elaborado para intervalos de tempo superiores a uma semana, devido à falta de medição de todas as variáveis envolvidas. Normalmente, os dados disponíveis

são a precipitação e a vazão. A equação da continuidade é a base usada neste cálculo, que é dado por:

$$dV/dt = I - Q - E_o \cdot A + P \cdot A \quad (9)$$

Em que:

V = volume de água contido na bacia, em m³;

T = tempo, em segundos;

I = vazão total de entrada na bacia, em m³s⁻¹;

Q = vazão de saída da bacia, em m³s⁻¹;

E_o = evaporação, em m s⁻¹;

A = área da bacia, em m² e

P = precipitação sobre a bacia, em m s⁻¹.

Essa equação pode ser adaptada para:

$$V_t = V_o + (P - Q - ETP)\Delta t \quad (10)$$

Em que: V_t e V_o correspondem ao armazenamento total de água na bacia no final e início do intervalo de tempo Δt; P, Q e ETP são, respectivamente, a precipitação, vazão e evapotranspiração no período. Pode-se considerar um modelo simplista, considerando-se todos os processos que envolvem o escoamento na bacia. Caso o intervalo de tempo seja suficientemente grande, o erro cometido no termo que representa o armazenamento na propagação do escoamento é muito pequeno, se comparado com a precipitação, vazão e evapotranspiração. Desse modo a Equação (10) permite concluir que:

$$Q_t = P_t - ETP_t \quad (11)$$

Em que:

Q_t = é a vazão de saída da bacia, em m³s⁻¹;

P_t = é a precipitação no tempo, m³s⁻¹;

ETP_t = é a evapotranspiração no período, em m³s⁻¹.

Isso é possível de se admitir, quando se tem dados de vários anos. Nessa simplificação para determinação da vazão o termo P_t, referente à precipitação, é

usualmente a que possui maior quantidade de dados para que seja possível trabalhar com sua estimativa. Quanto ao termo da evapotranspiração é o de maior incerteza, em consequência das dificuldades da estimativa e aos erros envolvidos. Porém, há uma vantagem hidrológica de que a evapotranspiração tende a apresentar menor variabilidade para um mesmo tipo de cobertura e clima, como observado por PAIVA e PAIVA (2003). Esse método foi utilizado por ÁVILA NETTO et al. (2000) para estimar as exigências hídricas na região do submédio São Francisco.

Outro método ou maneira, por exemplo, para a estimativa da precipitação média, utilizando-se do balanço hídrico, é a soma da taxa média de escoamento superficial com a taxa média de evapotranspiração, permitindo que, em se conhecendo um dos termos por meio de medições ou estimativas, seja possível deduzir o valor para o outro.

A *Food and Agriculture Organization of the United Nations* - FAO tem um método-padrão que foi desenvolvido por ALLEN et al. (1988), para estimativa da evapotranspiração de referência na escala diária. Esse método derivou do Método de Penman-Monteith (1965) e PEREIRA, ANGELOCCI e SENTELHAS (2002) o classifica como um método micrometeorológico, pois inclui vários parâmetros meteorológicos para seu cálculo como a radiação solar líquida diária, o fluxo de calor no solo, temperatura média do ar, velocidade do vento a 2m de altura, a pressão de saturação de vapor e outros. O método-padrão da FAO adota a evapotranspiração de referência como a taxa de evapotranspiração que ocorre de uma superfície extensa de vegetação gramínea, com altura entre 8 e 15 cm, em crescimento ativo (com índice de área foliar=2,88), cobrindo totalmente a superfície do solo e bem suprida de água. Essa conceituação da FAO reformulou o conceito de evapotranspiração potencial.

Tendo o método-padrão de Penman-Monteith como base, VESCOVE e TURCO (2005) fizeram a comparação de resultados para a ETo (Evapotranspiração de referência) utilizando os métodos da Radiação Solar (RS), Makkink (MAK) e Tanque Classe A (TCA). Suas conclusões foram de que os

métodos RS e TCA apresentaram valores que superestimaram a evapotranspiração potencial, em relação ao método-padrão e que, no caso do método MAK, os valores encontrados ficaram subestimados.

Conhecer como evolui ou varia a evapotranspiração significa, enfim, poder prever ao longo do tempo a probabilidade de sua ocorrência em um determinado valor, pois a possibilidade de ocorrência de um valor pré-estabelecido é na prática indeterminado, pois o fenômeno hidrológico por si só fornece uma série histórica de caráter aleatório.

2.3 MODELOS MATEMÁTICOS

Os conceitos e parâmetros que ajudam a formar as séries da evapotranspiração que ocorrem em um determinado local, estatisticamente, são classificados como séries temporais, devido exatamente à propriedade de variarem ao longo do tempo.

O estudo de como se dá essa variação no tempo da evapotranspiração é relacionado a um ajuste de funções teóricas das distribuições amostrais dessas variáveis, que por sua natureza são chamadas de contínuas.

Alguns modelos matemáticos são capazes de descrever classes de fenômenos hidrológicos de modo relativamente simples, ajustando-se aos dados observados funções que podem ajudar ou auxiliar no estudo da previsão de como se comportam esses fenômenos.

O estudo de amostras quantitativas da evapotranspiração é um estudo de variáveis aleatórias, como todos os processos hidrológicos, significando que suas realizações não podem ser conhecidas, segundo LANNA (2001).

Há várias funções de distribuição de probabilidades para o estudo de variáveis aleatórias contínuas como, por exemplo, as distribuições uniforme, normal, log-normal, gama, valores extremos, Weibull, exponencial, beta, e outras. CARGNELUTTI FILHO, MATZENAUER e TRINDADE. (2004) fazem

esse comentário e citam vários trabalhos nos quais foram aplicadas a distribuição de probabilidade teórica em relação às variáveis climáticas.

Esses pesquisadores fizeram um estudo em que analisaram dados de radiação solar de 47 anos de observação, formando 792 séries temporais no estado do Rio Grande do Sul. Aplicaram os modelos de distribuição normal, log-normal, gama, Gumbel e Weibull, verificando o ajuste pelo teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov. Concluíram que, sendo os dados de radiação solar global média decendial, eles se ajustam perfeitamente àqueles modelos de distribuição e que um resultado melhor entre todos para o ajuste foi aquele em que se verificou a função de probabilidade normal.

TUCCI e BELTRAME (2001) citam que as distribuições de extremos são de grande interesse prático em hidrologia, pois, freqüentemente ajustam adequadamente valores de máximos e mínimos. Não apresenta esses autores restrições no uso desses modelos estatísticos, quando os valores da amostras são os médios. No momento em que alcança os valores extremos, a distribuição aproxima-se de uma forma limite, isto é, assintótica.

BAUTISTA (2002) utilizou a distribuição generalizada de valores extremos – GEV para estudar a velocidade máxima do vento em Piracicaba-SP e concluiu que ela representa uma forma adequada de prever o comportamento da velocidade máxima do vento, em todos os meses do ano, naquela cidade paulista.

MARQUES JR, SAAD e MOURA (1995) propuseram um modelo iterativo da estimativa da evapotranspiração de referência utilizando as funções de densidade gama incompleta e beta. Aplicado o teste de Kolmogorov-Smirnov verificaram alto grau de ajustes com os dados catalogados em literatura. O interessante do modelo iterativo proposto é a possibilidade de sua aplicação a diversos níveis de probabilidade.

2.4 TESTES DE ADERÊNCIA

A necessidade de se verificar como se dá a distribuição de probabilidades que utiliza os dados de uma variável em análise, pode ser estudada por uma função de distribuição de probabilidade conhecida. Isso é feito com o uso de testes de aderência.

Quando se faz uma determinada hipótese, como por exemplo, de que a variação temporal do valor da evapotranspiração se distribui normalmente, busca-se concluir que essa hipótese poderá ser verdadeira ou falsa. Isso se faz utilizando-se de métodos analíticos ou gráficos, para verificar se os dados seguem a distribuição.

Aplicando-se os testes de hipóteses que se referem a um parâmetro ou comparação entre parâmetros, têm-se os testes chamados de paramétricos. Caso contrário, têm-se os testes não-paramétricos, conforme COSTA NETO (2002) e, dentre eles, há uma classe constituída pelos testes de aderência. Segundo esse mesmo autor, os testes de aderência se referem à forma de distribuição da amostra.

A medida da temperatura e a evapotranspiração formam uma série de dados que, estatisticamente, constituem a de séries temporais, pois é um conjunto de observações tomadas em tempos determinados em intervalos iguais, conforme explica SPIEGEL (1994), além serem dados de caráter aleatório e contínuo. Ao se estudar sua variação e não havendo outro modo de fazê-lo, a não ser elaborando algumas hipóteses, deve ser verificado como se distribuem aquelas medidas, validando ou não as hipóteses admitidas.

Quando se escolhe um modelo de distribuição que, em princípio, supõe-se que vai permitir satisfatória representatividade para o comportamento de um determinado fenômeno, essa hipótese é aquela que deve ser demonstrada como verdadeira. SOUSA PINTO et al. (1976), nesse aspecto, relatam que a escolha da distribuição a adotar é uma escolha com suporte teórico ou simplesmente com base em experiência anterior, criando a necessidade de se

preverem parâmetros que vão intervir na estimativa em testar a adequação do ajuste dessa distribuição aos dados coletados.

2.4.1 Teste de Wang

Este método apresentado por WANG (1997), tem sua utilização na análise estatística de eventos extremos com uso de momentos, como uma alternativa para os produtos de momentos que caracterizam distribuições e dados.

No presente estudo foi aplicado o teste para verificação o quanto do modelo de distribuição GEV descreve adequadamente a série de dados de evapotranspiração calculados. Sua aplicação tem demonstrado resultados mais robustos ao diminuir as possibilidades de erro de acordo com WANG (1998).

A equação na qual se desenvolve toda a teoria para aplicação do método, tem a partir de uma amostra de tamanho m , retirada de uma distribuição $F(x) = \Pr(X \leq x)$, a esperança para j variáveis mais extremas é estimada por

$$E[X_{j,m}] = \frac{m!}{(j-1)!(m-j)!} \int_0^1 x(F) F^{j-1} (1-F)^{m-j} dF \quad (12)$$

A partir desta se desenvolveu a teoria dos momentos LH que permite fazer a verificação do quanto os valores estimados da amostra se aproximam do modelo de distribuição de valores extremos.

O computo dos momentos de uma distribuição teórica é uma operação matemática específica da teoria das probabilidades. Para ser computado o momento de uma variável aleatória, são feitas estimativas amostrais dos momentos centrais de uma distribuição teórica, para ajustá-la a uma amostra.

2.4.2 Teste de Kolmogorov-Smirnov

Esta prova constitui-se da comparação das frequências acumuladas observadas com as estimativas, pela distribuição de ajuste. Em suma, é um método em que a variável de teste é a maior diferença observada entre a função acumulada do modelo e a da amostra. A função acumulada do modelo testado, fornece as probabilidades acumuladas em cada ponto ou seja:

$$F(x) = P(X \geq x). \quad (13)$$

A função de distribuição acumulada da amostra corresponderá ao gráfico das frequências relativas acumuladas. A denominação dessa segunda função será $G(x)$, o teste remete para a verificação do valor:

$$D = \max[F(x) - G(x)] \quad (14)$$

e da comparação com um valor crítico tabelado. Se D for maior que o valor crítico rejeita-se a hipótese.

Neste estudo, fixando-se a significância em 95%, o valor crítico de D é $p < 0,05$. COSTA NETO (2002) cita que esse método é exato para distribuições contínuas de parâmetros conhecidos, devendo a função $G(x)$ ser construída com base nos valores individuais da amostra. Caso os parâmetros sejam estimados, o modelo testado passa a ser discreto ou os dados estão agrupados em classes.

A Tabela 1 posiciona geograficamente e enumera as estações analisadas no presente estudo.

Tabela 1 - Coordenadas geográficas das estações agrometeorológicas do estado do Paraná

Pos tos	Códigos IAPAR das estações	Nome das estações	Latitudes			Longitudes			Altitudes (m)
			Grau	Min.		Grau	Min.		
1	2251027	Bela V. Paraíso	22	57	S	51	12	W	600
2	2349030	Joaquim Távora	23	30	S	49	57	W	512
3	2350017	Cambará	23	0	S	50	2	W	450
4	2350018	Bandeirantes	23	6	S	50	21	W	440
5	2351003	Londrina	23	22	S	51	10	W	585
6	2351011	Ibiporã	23	16	S	51	1	W	484
7	2352017	Paranavaí	23	5	S	52	26	W	480
8	2353008	Umuarama	23	44	S	53	17	W	480
9	2450011	Telêmaco Borba	24	20	S	50	37	W	768
10	2452050	Nova Cantu	24	40	S	52	34	W	540
11	2453003	Palotina	24	18	S	53	55	W	310
12	2548038	Morretes	25	30	S	48	49	W	59
13	2548039	Guaraqueçaba	25	16	S	48	32	W	40
14	2549091	Lapa	25	47	S	49	46	W	910
15	2550025	Fernandes Pinheiro	25	27	S	50	35	W	893
16	2551010	Guarapuava	25	21	S	51	30	W	1058
17	2552009	Laranjeiras do Sul	25	25	S	52	25	W	880
18	2553015	Planalto	25	42	S	53	47	W	400
19	2651043	Palmas	26	29	S	51	59	W	1100
20	2652003	Clevelândia	26	25	S	52	21	W	930
21	2652035	Pato Branco	26	7	S	52	41	W	700
22	2653012	Francisco Beltrão	26	5	S	53	4	W	650

FONTE: IAPAR (2006)b.

Especificamente, os dados se referem às temperaturas médias diárias registradas, calculadas e sistematizadas pelos pesquisadores, em cada estação, ao longo de determinado período. Atualmente, estão em operação 25 estações, distribuídas por todo o estado do Paraná: 21 possuem levantamentos de dados em períodos contínuos acima de 25 anos, 1 com período de 17 anos e 3 estações com

período de dados inferior a 5 anos, situadas nos municípios de Rolândia, Medianeira e Guarapuava, que não têm seus dados inclusos no presente trabalho, devido à pouca representatividade, em relação ao tempo de implantação.

A Tabela 2 mostra os períodos abrangidos por este estudo, para cada uma das estações. Das estações indicadas na Figura 1, a de Ponta Grossa cessou seus procedimentos quanto ao levantamento de alguns parâmetros meteorológicos.

Tabela 2 - Períodos de dados de temperaturas observadas nas estações agrometeorológicas do estado do Paraná

Postos	Códigos IAPAR das estações	Nome das estações	Início da medição		Datas referenciadas para montagem das séries		Espaços de tempo sistematizado	
			Mês	Ano	Inicial	Final	meses	anos
1	2251027	Bela V. Paraíso	10	1971	1/1/1974	31/12/2004	360	31
2	2349030	Joaquim Távora	06	1971	1/1/1972	31/12/2004	384	33
3	2350017	Cambará	06	1971	1/1/1969	31/12/2004	420	36
4	2350018	Bandeirantes	04	1974	1/1/1977	31/12/2004	324	28
5	2351003	Londrina	01	1976	1/1/1976	31/12/2005	348	30
6	2351011	Ibiporã	11	1971	1/1/1974	31/12/2005	372	32
7	2352017	Paranavaí	07	1971	1/1/1975	31/12/2004	348	30
8	2353008	Umuarama	11	1971	1/1/1974	31/12/2005	372	32
9	2450011	Telêmaco Borba	11	1971	1/1/1977	31/12/2005	336	29
10	2452050	Nova Cantu	08	1972	1/1/1977	31/12/2004	324	28
11	2453003	Palotina	08	1972	1/1/1973	31/12/2005	384	33
12	2548038	Morretes	01	1966	1/1/1968	31/12/2005	444	38
13	2548039	Guaraqueçaba	11	1977	1/1/1980	31/12/2004	288	25
14	2549091	Lapa	09	1988	1/1/1989	31/12/2005	192	17
15	2550025	Fernandes Pinheiro	01	1963	1/1/1963	31/12/2005	504	43
16	2551010	Guarapuava	06	1972	1/1/1976	31/12/2005	348	30
17	2552009	Laranjeiras do Sul	06	1972	1/1/1976	31/12/2005	348	30
18	2553015	Planalto	03	1973	1/1/1975	31/12/2005	360	31
19	2651043	Palmas	12	1978	1/1/1979	31/12/2004	300	26
20	2652003	Clevelândia	09	1972	1/1/1973	31/12/2004	372	32
21	2652035	Pato branco	12	1978	1/1/1979	31/12/2005	312	27
22	2653012	Francisco Beltrão	05	1973	1/1/1974	31/12/2004	360	31

FONTE: IAPAR (2006)b.

O método utilizado para o cálculo da evapotranspiração, foi aquele que se apropria apenas dos dados de temperatura, haja vista ser o parâmetro medido e disponibilizado pelo Instituto Agrônomo do Paraná - IAPAR no Estado do Paraná, em período razoavelmente longo e sistemático.

Utilizando-se do *software* MATLAB[®], foi feita a montagem de uma série com os dados das temperaturas médias mensais, baseada nos dados de temperaturas médias diárias fornecidas pelo IAPAR (2006)b.

Dentre os métodos empíricos possíveis de aplicação com os dados de temperaturas médias, foi selecionado o Método de Camargo citado por PEREIRA, ANGELOCCI e SENTELHAS (2002), descrito anteriormente, pois ele apresenta resultados altamente satisfatórios para regiões de clima úmido, que é o caso do estado do Paraná. Foram obtidos todos os valores prováveis da evapotranspiração potencial, para cada mês, em cada estação.

Definiram-se três modelos estatísticos, possíveis de serem testados, no que diz respeito a estimar a tendência da variação da evapotranspiração ao longo de cada mês, na área que compreende o espaço geográfico do estado do Paraná, avaliando com índice de significância de 0,05 ou confiança de 95% o valor provável da evapotranspiração média, supondo uma probabilidade de 0,75 de ocorrência do valor amostral.

MARQUES JR, SAAD e MOURA (1995) apropriaram-se do conceito de precipitação dependente, citando Doorenbos e Pruitt (1976), para aplicar à determinação da chamada “evapotranspiração de dimensionamento”, obtida ao nível de 0,75 de probabilidade, dentro de uma série de dados. Explicam, ainda, que este valor é o utilizado na agricultura irrigada.

Os modelos estatísticos utilizados para inferir o comportamento da evapotranspiração em cada estação agrometeorológica foram os denominados: distribuição gama, log-normal e GEV.

3.1 DISTRIBUIÇÃO GAMA

A função Gama, que é denotada por Γ , é expressa matematicamente como:

$$\Gamma(p) = \int_0^{\infty} x^{p-1} e^{-x} dx, \text{ definida para } p > 0 \quad (15)$$

Essa função obedece a uma relação de recorrência em que, sendo p um número inteiro positivo, demonstra-se que: $\Gamma(p) = (p-1)!$,

MEYER (1983) comenta que nesse caso pode-se considerar a função gama como uma generalização da função fatorial.

Sendo X uma variável aleatória contínua que assuma somente valores não negativos como, por exemplo, a evapotranspiração, diz-se que X tem uma função de distribuição de probabilidade gama, se sua função densidade de probabilidade (fdp) for dada por

$$f(x) = \frac{\alpha (\alpha \cdot x)^{r-1} e^{-\alpha \cdot x}}{\Gamma(r)} \quad (16)$$

Sendo: $x > 0$ e $f(x) = 0$ para quaisquer outros valores.

Essa distribuição depende de dois parâmetros: r e α , dos quais se exige que r seja ≥ 1 e $\alpha > 0$.

3.2 DISTRIBUIÇÃO LOG NORMAL

A distribuição conhecida como Log Normal está estreitamente vinculada à chamada distribuição Normal. Seja a variável X normalmente distribuída, com média μ e variância σ^2 .

Fazendo-se $Y = e^X$, então Y terá a chamada distribuição Log Normal, o que implica que \ln de Y obedece a uma distribuição Normal.

A função densidade de probabilidade da Distribuição Normal é dada por:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-0,5(x-\mu)^2/\sigma^2} \quad (17)$$

Sendo $x \geq 0$, na qual μ =média, σ =desvio padrão;

Neste caso, se for estabelecida a integral da função em um dado intervalo, a função irá determinar a probabilidade de ocorrência do evento naquele intervalo.

O interesse em tentar ajustar uma distribuição Log Normal à amostra, o que implica dar um tratamento matemático semelhante à distribuição Normal, é que esta tem algumas propriedades notáveis para as quais se permitem fazer algumas inferências estatísticas clássicas. Delas, ressalta-se que suas medidas de tendência central como a média aritmética, mediana, moda, média de intervalo e média das juntas são todas idênticas.

3.3 DISTRIBUIÇÃO GENERALIZADA DE VALORES EXTREMOS

A distribuição generalizada de valores extremos, abreviadamente conhecida como GEV e chamada de distribuição assintótica de extremos, generalizada por LENCASTRE e FRANCO (1984), tem a seguinte função de distribuição:

$$F(x) = \exp\{-[1-k.a(x-x_0)]^{1/k}\} \quad \text{sendo que } k.a(x-x_0) \leq 1 \quad (18)$$

Em que: x_0 representa a moda da amostra e os parâmetros a e k são definidos pela utilização de métodos iterativos que correlacionam a média e a variância.

A distribuição de Gumbel é conhecida como a distribuição de eventos extremos ou de Fischer-Tippett, que difere da Normal por apresentar uma curva de distribuição assimétrica e para sua aplicação é indispensável que se tenha uma

série anual, para a qual se determina a probabilidade de que um dado evento extremo seja igualado ou superado no futuro, conforme cita CRUCIANI (1980).

A função de distribuição GEV engloba as três formas assintóticas de distribuição de valores extremos, conhecidas como valor extremo tipo I (VEI), valor extremo do tipo II (VEII) e valor extremo do tipo III (VEIII), classificados por Gumbel (1958), é definida, segundo JENKINSON (1955), como:

$$F(x) = P(X \leq x) = \exp \left[- \left(1 - k \frac{x - u}{\alpha} \right)^{\frac{1}{k}} \right], \quad k \neq 0 \quad (19)$$

$$F(x) = P(X \leq x) = \exp \left[- \left(1 - k \frac{x - u}{\alpha} \right) \right], \quad k = 0 \quad (20)$$

Sendo:

- $-\infty < x < +\infty$, $k = 0$ - distribuição VEI;
- $\varepsilon \leq x < +\infty$, $k < 0$ - distribuição VEII;
- $-\infty < x \leq \omega$, $k > 0$ - distribuição VEIII.

Em que: u é um parâmetro de posicionamento com $-\infty < u < +\infty$, α é um parâmetro de escala com $0 < \alpha < +\infty$ e k é um parâmetro de forma com $-\infty < k < +\infty$. Assim, quando $k > 0$, o limite superior da distribuição assintótica, VEIII torna-se $\omega = u + \alpha k$ e, quando $k < 0$ o limite inferior da distribuição assintótica, VEII torna-se $\varepsilon = u + \alpha / k$.

Na prática, quando o parâmetro k se encontra entre o intervalo de $-0,03$ a $0,03$, a forma geral de distribuição GEV é similar a distribuição de Gumbel.

O p -ésimo quantil da distribuição GEV é dado tomando a forma inversa da equações (19) e (20), as quais resultam nas seguintes relações:

$$x_p = u + \frac{\alpha}{k} \left[1 - (-\ln(p))^k \right], \quad k \neq 0, \quad 0 < p < 1 \quad (21)$$

$$x_p = u - \alpha \ln[-\ln(p)], \quad k = 0, \quad 0 < p < 1 \quad (22)$$

Tomando a variável z correspondente à variável reduzida de Gumbel:

$$z = \frac{x - u}{\alpha} \quad (23)$$

Substituindo z (23) em (20), obtém-se:

$$F(x) = \exp [- \exp(- z)] \quad (\text{Distribuição de Gumbel}) \quad (24)$$

Logo,

$$z = - \ln[\ln(F(x))] \quad (25)$$

Neste caso, a variável reduzida de Gumbel z , também se relaciona com o período de retorno (T) $T = 1/F(x)$. Além disso, a equação (25) pode ser usada para definir z com respeito às distribuições VEI, VEII e VEIII.

3.4 AJUSTE DOS MODELOS

A verificação do ajuste dos modelos aos dados, isto é, para o estudo da aderência utilizou-se do método de Kolmogorov-Smirnov, com significância de 0,05%.

Agrupados os valores de evapotranspiração potencial, calculados referentes ao mês de janeiro de todas as estações, tem-se uma matriz de dados para o mês de janeiro com probabilidade de 75% de ocorrência para os valores. Repetindo-se o processo para os meses de fevereiro, março e assim sucessivamente até dezembro, tem-se no final, doze matrizes com dados de 22 estações.

A partir de cada matriz de dados, fez-se a verificação de ajuste para cada um dos modelos em estudo e aquele que melhor representa o comportamento da evapotranspiração no Estado será a base de dados sobre a qual se plotará os gráficos mensais da distribuição espacial.

Quando se fez os ajustes dos momentos no modelo GEV, considerou-se que a todos os valores do período observado, atribui-se o mesmo peso, aplicado o teste de WANG.

3.5 METODOLOGIA PARA GERAÇÃO DE MAPAS

A montagem dos gráficos da distribuição espacial sobre o comportamento da evapotranspiração mensal, são realizados na plotagem dos valores de cada mês, de cada estação, no mapa do Estado, em função de suas coordenadas geográficas.

Utilizando o *software* SURFER®, Versão 8 (*Golden Software*), disponível no Laboratório de Estatística Aplicada da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, *campus* de Cascavel – PR e apoiado nas coordenadas geográficas foram geradas as isolinhas com a interpolação *invers dispers to a power* disponibilizada pelo *software*.

Os mapas apresentados em formato de figura têm suas coordenadas em Universal Transversa de Mercator – UTM, que permitem posicionar de maneira adequada as áreas abrangidas neste estudo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A expectativa de que os valores de cálculo para as distribuições gama e log-normal fossem semelhantes era esperada, pois CLARKE (2001) já observa a similaridade na forma de assimetria entre essas duas distribuições, com uma longa cauda superior. Na Figura 2, como exemplo, pode-se verificar como as curvas dos ajustes das distribuições gama e log-normal, para o Posto 15, Estação Fernandes Pinheiro do IAPAR, apresentaram uma coincidência no comportamento. Os parâmetros das curvas de ajuste dos modelos gama e log-normal estão apresentados nas Tabelas 1B a 22B do Apêndice B.

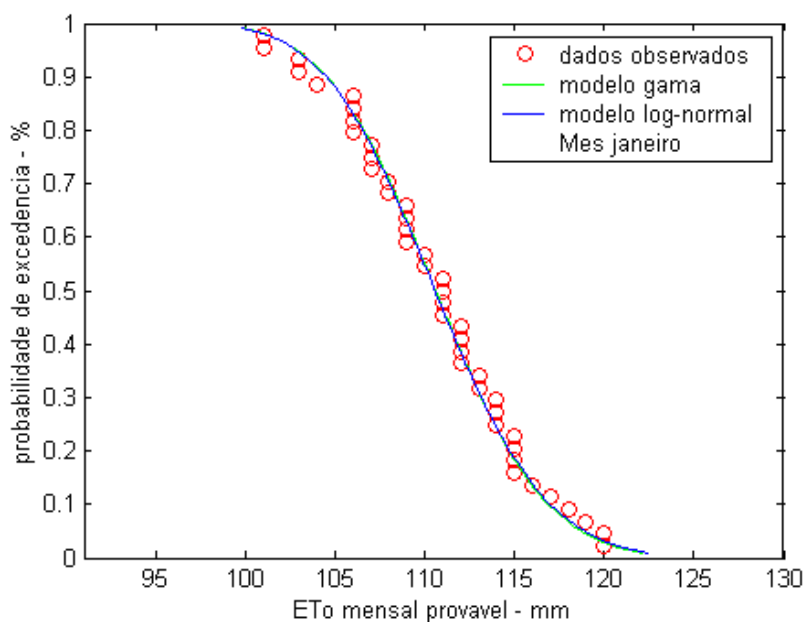


Figura 2 - Curva de ajustes para as distribuições gama e log-normal, representativa do mês de janeiro. Posto 15 - Estação Fernandes Pinheiro.

A Figura 3 mostra a curva ajustada do comportamento da evapotranspiração para a estação agrometeorológica Fernandes Pinheiro, de acordo com o modelo da GEV, para o mês de janeiro, cujos valores observados (círculos) seguem o traçado de uma curva exponencial possível de se determinar matematicamente com precisão.

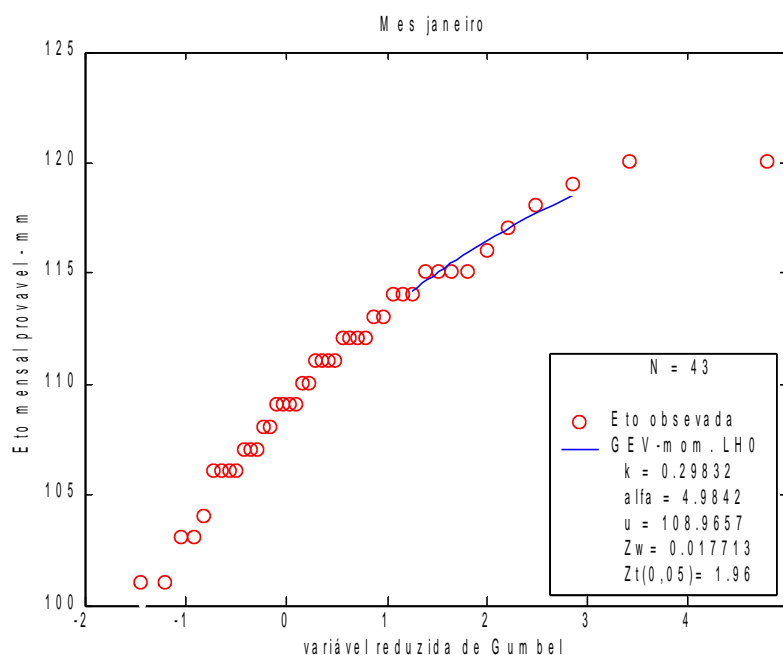


Figura 3 - Curva de ajuste para distribuição generalizada de valores extremos – GEV, representativa do mês de janeiro. Posto 15 - Estação Fernandes Pinheiro.

Quanto à distribuição generalizada de valores extremos - GEV, a expectativa era de que houvesse um distanciamento dos valores estimados em relação aos ajustados com as distribuições log-normal e gama, considerando que à distribuição GEV, teoricamente, aplica-se aos estudos dos dados extremos de amostras, entretanto não foi o que os resultados mostraram. Isso se deve à fixação de um mesmo peso para os valores da evapotranspiração encontrados com a Fórmula de Camargo, no ajuste dos momentos da curva de distribuição.

O maior valor para a evapotranspiração potencial estimada ocorreu na Estação de Planalto, Posto 18, para o mês de janeiro. As três distribuições têm

resultados equivalentes, com um pequeno afastamento da medida estimada usando a GEV de 0,0765%, em relação às demais.

A menor lâmina de evapotranspiração potencial estimada no Estado do Paraná ocorreu na Estação de Palmas, Posto 19, para o mês de junho, cujos valores estimados são praticamente equivalentes. Essa estação situa-se, geograficamente, na maior altitude em relação ao nível do mar, e é a região mais fria do Estado.

A análise dos resultados tabulados nas Tabelas de 1B a 12B em apêndice, mostra que todos os três modelos utilizados para a análise da frequência em que ocorre o fenômeno da evapotranspiração, têm para os dados médios mensais valores idênticos, fixada a probabilidade de ocorrência em 75%.

Considerando que os valores tendem a ser semelhantes, independentemente do modelo escolhido, uma análise para valores prováveis, considerando probabilidades de: 10%, 25%, 50%, 75% e 90%, mostra que a equivalência de valores segundo os modelos tendem a se repetir. A Figura 4 demonstra a variação que ocorre ao longo do ano no Posto 1 (Estação Bela Vista do Paraíso), consideradas aquelas probabilidades.

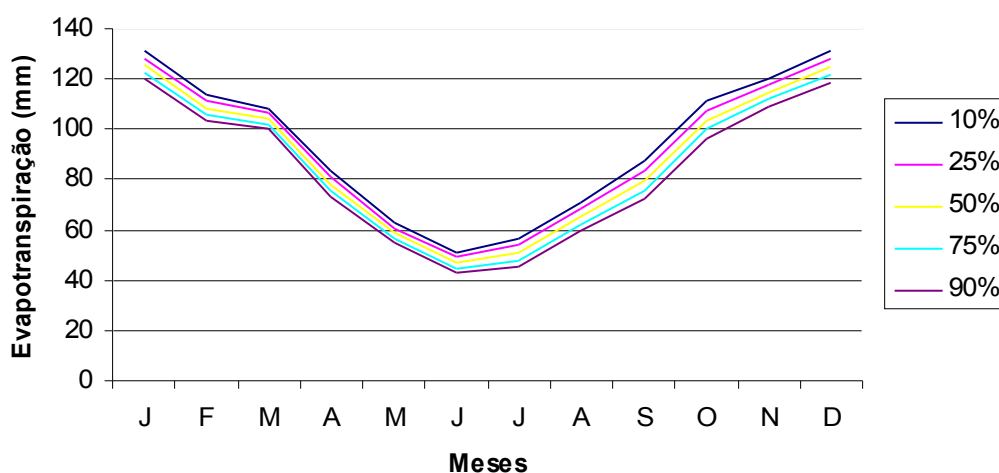


Figura 4 - Gráfico da variação da evapotranspiração potencial no Posto 1, com valores calculados em: 10%, 25%, 50%, 75% e 90% de probabilidade de ocorrência.

Tabela 3 Valores estimados para a evapotranspiração em mm, segundo o modelo gama considerando as probabilidades de 10%, 25%, 50%, 75% e 90% de ocorrência, nos Postos 1 (Estação Bela Vista do Paraíso) a 7 (Estação Paranavaí), sendo \bar{u} a média da amostra

Postos	ESTAÇÃO	Probabilidade de ocorrência	Meses											
			Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1	BELA VISTA do PARAISO	10%	131,0	113,5	108,5	83,4	62,8	51,1	56,6	71,0	87,6	111,4	120,2	130,9
		25%	128,4	111,1	106,4	81,0	60,8	49,0	53,8	68,2	83,7	107,7	117,6	128,0
		\bar{u}	125,5	108,5	104,2	78,4	58,7	46,8	50,8	65,3	79,7	104,0	114,8	124,9
		50%	125,5	108,6	104,1	78,3	58,6	46,8	50,7	65,3	79,5	103,8	114,7	124,8
		75%	122,7	106,0	101,9	75,6	56,5	44,7	47,8	62,4	75,5	100,0	111,9	121,6
2	JOAQUIM TAVORA	10%	133,1	114,7	108,0	82,1	60,0	46,8	52,5	65,3	82,9	108,3	118,9	130,5
		25%	130,4	112,3	105,9	79,3	58,2	45,1	50,1	63,2	80,0	104,6	116,1	128,3
		\bar{u}	127,5	109,8	103,8	76,4	56,3	43,4	47,5	60,8	77,0	100,9	113,2	125,9
		50%	127,4	109,7	103,7	76,4	56,2	43,3	47,5	60,8	76,9	100,7	113,2	125,8
		75%	124,5	107,2	101,5	73,5	54,3	41,5	45,0	58,5	73,8	96,9	110,3	123,4
3	CAMBARA	10%	133,5	115,2	110,3	84,1	61,9	49,6	54,0	68,1	86,4	113,1	122,2	132,8
		25%	130,8	112,9	107,9	81,2	60,0	47,7	51,4	65,5	83,3	109,4	119,4	130,4
		\bar{u}	127,8	110,3	105,2	78,3	58,0	45,7	48,7	62,9	80,1	105,4	116,5	127,9
		50%	127,8	110,3	105,2	78,2	57,9	45,7	48,7	62,8	79,9	105,4	116,4	127,8
		75%	124,9	107,8	102,5	75,2	55,9	43,7	46,1	60,2	76,6	101,5	113,5	125,2
4	BANDEIRANTES	10%	132,2	117,2	110,3	85,0	63,5	51,0	56,5	70,3	88,4	115,1	123,2	134,7
		25%	132,7	114,8	108,6	82,7	61,7	49,1	53,9	68,1	85,2	111,6	120,8	132,3
		\bar{u}	130,0	112,1	106,7	80,2	59,8	47,1	51,3	65,8	81,7	108,0	118,4	129,7
		50%	130,0	112,1	106,7	80,2	59,8	47,0	51,2	65,7	81,6	107,9	118,3	129,6
		75%	127,3	109,4	104,8	77,7	57,9	45,0	48,5	63,4	78,2	104,4	115,8	127,0
5	LONDRINA	10%	130,4	111,9	107,7	82,2	60,5	48,8	53,8	67,3	85,5	109,6	118,8	131,0
		25%	128,0	109,6	105,5	79,6	58,6	46,7	51,2	64,9	81,9	106,4	116,7	128,2
		\bar{u}	125,4	107,1	103,2	76,8	56,7	44,5	48,5	62,2	78,1	103,0	114,4	125,3
		50%	125,4	107,1	103,2	76,8	56,6	44,5	48,4	62,2	78,0	102,9	114,4	125,2
		75%	122,9	104,6	100,8	74,0	54,6	42,3	45,7	59,7	74,2	99,5	112,2	122,2
6	IBIPORA	10%	133,5	115,7	111,0	85,1	64,5	51,3	56,5	71,3	89,3	114,4	122,6	134,3
		25%	131,2	113,1	108,9	82,5	62,5	49,2	53,9	68,9	85,6	110,9	120,4	131,5
		\bar{u}	128,6	110,4	106,7	79,9	60,3	47,1	51,3	66,3	81,9	107,3	118,0	128,5
		50%	128,6	110,4	106,5	79,8	60,3	47,0	51,2	66,2	81,7	107,1	117,9	128,4
		75%	126,1	107,7	104,2	77,1	58,2	44,9	48,6	63,7	77,9	103,4	115,5	125,4
7	PARANAVAI	10%	136,8	117,0	112,4	85,2	63,6	51,2	57,8	72,1	90,6	114,2	124,2	137,5
		25%	134,5	114,5	110,3	82,6	61,6	49,1	54,8	69,3	86,4	111,0	121,9	134,6
		\bar{u}	132,0	111,9	107,9	79,8	59,7	47,1	51,6	66,5	82,1	107,5	119,4	131,5
		50%	132,0	111,9	107,9	79,9	59,5	46,9	51,6	66,3	81,9	107,5	119,3	131,5
		75%	129,5	109,3	105,6	77,2	57,5	44,7	48,5	63,4	77,6	104,1	116,7	128,5
		90%	127,3	107,0	103,6	74,9	55,7	42,8	45,8	60,8	73,9	101,1	114,5	125,8

Tabela 4- Valores estimados para a evapotranspiração em mm, segundo o modelo gama considerando as probabilidades de 10%, 25%, 50%, 75% e 90% de ocorrência, nos Postos 8 (Estação Umuarama) a 14 (Estação Lapa), sendo \bar{u} a média da amostra

Postos	ESTAÇÃO	Probabilidade de ocorrência												
			Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
8	UMUARAMA	10%	137,0	116,7	113,7	85,9	64,3	51,9	57,5	72,1	90,0	113,1	123,8	137,9
		25%	134,6	114,4	111,2	83,2	62,1	49,5	54,4	69,2	85,7	109,9	121,3	134,8
		\bar{u}	131,9	111,9	108,6	80,3	59,7	46,9	51,3	66,2	81,3	106,6	118,6	131,5
		50%	131,9	111,9	108,6	80,3	59,6	46,9	51,1	66,0	81,1	106,5	118,6	131,4
		75%	129,2	109,4	106,0	77,5	57,3	44,4	48,0	63,0	76,6	103,2	115,9	128,1
9	TELEMACO BORBA	10%	122,4	104,5	97,7	72,4	51,8	39,6	43,5	54,3	71,0	95,9	107,5	120,7
		25%	120,2	102,4	95,9	69,9	49,6	37,9	41,0	52,1	68,6	93,4	105,3	118,5
		\bar{u}	117,9	100,2	93,9	67,3	47,4	36,0	38,7	49,9	66,1	90,7	103,0	116,2
		50%	117,8	100,1	93,9	67,2	47,3	35,9	38,4	49,7	66,0	90,6	102,9	116,2
		75%	115,4	97,9	92,0	64,6	45,0	34,1	35,9	47,4	63,5	87,9	100,5	113,9
10	NOVA CANTU	10%	133,1	112,5	106,9	79,5	59,2	47,0	53,5	66,3	85,7	108,2	119,0	133,5
		25%	130,8	110,2	104,9	77,1	56,9	44,9	50,4	63,7	81,8	105,5	116,8	130,6
		\bar{u}	128,3	107,7	102,7	74,4	54,5	42,7	47,2	61,1	77,7	102,8	114,5	127,4
		50%	128,3	107,6	102,7	74,4	54,4	42,6	47,1	61,0	77,6	102,6	114,4	127,5
		75%	125,9	105,1	100,6	71,8	52,0	40,4	43,9	58,4	73,6	99,7	112,0	124,4
11	PALOTINA	10%	136,6	116,5	111,4	82,8	60,6	46,6	52,4	64,5	83,9	110,6	123,2	136,3
		25%	134,4	114,2	109,1	80,0	58,1	44,6	48,9	61,5	80,4	107,5	120,3	133,7
		\bar{u}	132,0	111,7	106,5	77,1	55,4	42,5	45,3	58,4	76,8	104,3	117,3	131,0
		50%	132,0	111,7	106,5	76,9	55,4	42,4	45,2	58,2	76,7	104,1	117,2	130,9
		75%	129,7	109,3	104,0	74,0	52,8	40,2	41,7	55,1	73,1	100,8	114,2	128,2
12	MORRETES	10%	134,9	115,2	107,3	80,4	60,4	45,7	48,5	60,0	74,4	98,6	114,1	131,6
		25%	131,9	113,0	105,3	77,8	58,4	44,0	46,7	57,8	72,3	95,9	111,5	129,1
		\bar{u}	128,7	110,8	103,2	75,1	56,3	42,2	44,8	55,5	70,0	93,1	108,7	126,2
		50%	128,7	110,7	103,2	74,9	56,2	42,1	44,8	55,4	70,0	93,0	108,7	126,2
		75%	125,5	108,3	101,0	72,1	54,0	40,3	42,9	53,0	67,7	90,1	105,9	123,5
13	GUARAQUECABA	10%	137,2	117,3	109,5	81,5	61,2	46,8	49,5	60,2	75,2	100,8	116,6	133,1
		25%	134,2	115,0	107,3	79,5	59,4	44,9	47,6	58,0	73,1	98,1	113,9	130,4
		\bar{u}	131,0	112,6	104,9	77,3	57,5	43,0	45,6	55,8	70,9	95,1	111,1	127,5
		50%	130,9	112,5	104,9	77,2	57,5	42,9	45,5	55,7	70,8	95,2	111,0	127,5
		75%	127,7	110,0	102,6	75,0	55,6	41,0	43,5	53,5	68,6	92,3	108,2	124,7
14	LAPA	10%	124,9	107,8	100,5	73,1	53,9	39,3	41,8	51,5	66,6	89,8	105,6	122,1
		10%	112,8	96,5	89,4	65,6	45,6	37,1	38,7	50,6	62,4	86,0	97,9	112,0
		25%	110,9	94,5	87,1	63,4	43,8	35,1	36,3	48,0	59,9	82,6	95,0	109,8
		\bar{u}	108,8	92,4	84,8	61,2	42,0	33,1	33,8	45,4	57,4	79,0	92,1	107,4
		50%	108,7	92,3	84,7	61,1	41,9	33,0	33,7	45,3	57,3	78,9	92,0	107,4
75%	106,6	90,0	82,2	58,7	40,1	30,9	31,2	42,7	54,7	75,3	89,0	105,0		
	90%	104,7	88,1	80,1	56,7	38,5	29,1	29,2	40,4	52,4	72,2	86,4	102,9	

Tabela 5- Valores estimados para a evapotranspiração em mm, segundo o modelo gama considerando as probabilidades de 10%, 25%, 50%, 75% e 90% de ocorrência, nos Postos 15 (Estação Fernandes Pinheiro) a 22 (Estação Francisco Beltrão), sendo \bar{u} a média da amostra

Postos	ESTAÇÃO	Probabilidade de ocorrência												
			Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
15	FERNANDES PINHEIRO	10%	116,9	98,7	92,4	67,2	47,9	36,3	40,1	51,6	66,5	88,0	100,9	114,9
		25%	113,9	96,5	89,8	64,3	45,8	34,4	37,8	49,1	63,5	84,7	97,8	111,9
		\bar{u}	110,6	94,0	87,1	61,3	43,6	32,6	35,4	46,6	60,3	81,1	94,6	108,6
		50%	110,6	94,0	87,0	61,2	43,5	32,4	35,3	46,5	60,2	81,0	94,4	108,6
		75%	107,4	91,6	84,2	58,2	41,4	30,5	32,9	43,9	57,0	77,5	91,1	105,4
16	GUARAPUAVA	10%	114,4	96,6	89,7	65,8	46,4	36,1	40,4	51,0	65,9	87,6	98,5	111,8
		25%	112,3	94,6	87,8	63,2	44,3	34,2	37,6	48,6	62,7	84,6	96,3	109,7
		\bar{u}	109,9	92,5	85,7	60,5	42,0	32,2	34,8	46,1	59,4	81,6	93,9	107,3
		50%	109,9	92,5	85,7	60,4	42,0	32,0	34,7	46,0	59,4	81,5	93,9	107,4
		75%	107,6	90,3	83,6	57,6	39,8	30,0	31,9	43,4	56,1	78,4	91,5	105,1
17	LARANJEIRAS DO SUL	10%	122,6	103,2	97,3	70,9	51,8	41,1	46,2	58,5	74,8	95,3	107,6	121,4
		25%	120,5	101,1	95,3	68,5	49,6	39,0	43,2	55,8	70,9	92,6	105,3	119,1
		\bar{u}	118,4	98,8	93,2	66,1	47,4	36,9	40,1	53,1	66,8	89,8	102,8	116,6
		50%	118,3	98,8	93,2	66,0	47,3	36,8	40,0	53,0	66,7	89,7	102,7	116,6
		75%	116,1	96,5	91,0	63,5	45,0	34,6	36,9	51,2	62,7	86,8	100,2	114,2
18	PLANALTO	10%	138,3	116,1	109,1	79,9	59,1	45,2	52,0	65,6	84,2	107,6	121,7	140,0
		25%	136,0	113,5	106,8	77,4	56,5	43,2	48,7	63,0	80,2	105,0	119,1	136,8
		\bar{u}	133,4	110,9	104,3	74,9	54,0	41,1	45,5	60,2	76,0	102,2	116,3	133,3
		50%	133,4	110,8	104,3	78,8	53,8	41,0	45,3	60,1	75,9	102,1	116,3	133,2
		75%	130,8	108,1	101,8	72,2	51,1	38,9	42,0	57,3	71,7	99,4	113,6	129,8
19	PALMAS	10%	111,5	94,1	86,5	61,7	42,6	32,3	36,6	47,4	61,4	83,2	95,6	110,1
		25%	109,5	92,0	84,6	59,3	40,5	30,5	33,9	45,0	58,2	80,4	93,0	108,0
		\bar{u}	107,2	89,8	82,4	56,8	38,4	28,7	31,1	42,5	55,0	77,5	90,3	105,8
		50%	107,2	89,8	82,4	56,7	38,2	28,5	31,0	42,4	54,8	77,4	90,2	105,7
		75%	105,0	87,6	80,2	54,2	36,0	26,7	28,3	39,9	51,5	74,5	87,5	103,5
20	CLEVELANDIA	10%	115,1	97,5	90,7	65,0	45,9	34,9	39,9	51,1	66,1	87,9	100,4	114,2
		25%	113,1	95,5	88,7	62,3	43,8	33,0	37,1	48,4	62,7	85,0	97,7	112,1
		\bar{u}	111,0	93,3	86,3	59,7	41,7	31,1	34,2	45,7	59,2	81,8	94,8	110,0
		50%	110,9	93,3	86,4	59,5	41,6	31,0	34,1	45,6	59,2	81,8	94,7	109,9
		75%	108,7	91,1	84,1	56,8	39,4	29,0	31,3	42,8	55,7	78,6	91,8	107,6
21	PATO BRANCO	10%	122,8	103,8	97,4	70,8	50,8	38,8	43,9	57,2	71,9	95,2	108,4	122,9
		25%	120,9	101,7	95,2	68,4	48,6	36,9	41,2	54,5	68,5	92,8	106,0	120,7
		\bar{u}	118,9	99,4	92,8	65,8	46,3	35,0	38,3	51,6	65,0	90,1	103,3	118,3
		50%	118,8	99,4	92,8	65,8	46,3	34,9	38,3	51,6	64,8	90,1	103,3	118,3
		75%	116,8	97,2	90,5	63,3	44,0	33,0	35,5	48,8	61,3	87,4	100,7	115,9
22	FRANCISCO BELTRÃO	10%	128,7	107,7	100,6	71,2	50,4	37,8	44,1	56,2	73,3	97,8	112,3	129,0
		25%	126,7	105,8	98,4	68,8	48,2	36,1	41,3	53,8	70,2	95,2	109,5	126,4
		\bar{u}	124,6	103,7	96,0	66,3	46,1	34,3	38,4	51,2	67,1	92,5	106,6	123,6
		50%	124,5	103,7	95,9	66,2	45,9	34,2	38,2	51,2	66,8	92,4	106,5	123,6
		75%	122,2	101,5	93,5	63,7	43,7	32,4	35,3	48,7	63,6	89,6	103,6	120,8
		90%	120,3	99,7	91,4	61,5	41,7	30,8	32,8	46,5	60,8	87,2	101,0	118,3

MEYER (1983) afirma que, à medida que o número de repetições de um experimento cresce, a frequência relativa de algum evento A (f_A) converge probabilisticamente para uma probabilidade teórica $P(A)$. Aparentemente, parece ser o presente caso estudado. Os gráficos das figuras 1A a 22A, Apêndice C, demonstram o comportamento esperado considerado as probabilidades antes citadas. Observa-se que o valor da média amostral mensal, é semelhante a probabilidade teórica da 50%.

Outros fatores condicionantes, conforme LENCASTRE et al. (1984), PONCE (1989) e PEREIRA, ANGELOCCI e SENTELHAS (2002), atuam com maior ou menor intensidade nos cálculos da evapotranspiração já apontados no início deste trabalho. Neste estudo, foi utilizada a Fórmula de Camargo,

significando que o fator considerado foi somente a temperatura com a adequação devida à localização geográfica e, indiretamente, a radiação solar.

Analisando-se mês a mês os valores estimados para a evapotranspiração potencial que ocorre, simultaneamente, em todas as estações tabuladas, nas Tabelas de 1B a 12B, Apêndice B, tem-se que o maior valor para a evapotranspiração potencial estimada para o mês de janeiro ocorreu na Estação de Planalto (Posto 18). As três distribuições têm resultados equivalentes, havendo uma dispersão da medida da GEV de 0,1%, em relação às demais. Também se observa a mesma situação com a Estação de Palmas (Posto 19) que apresentou a menor lâmina provável de evapotranspiração para o mesmo mês. Esta estação é a que apresenta a menor lamina de evapotranspiração para todos os meses do ano.

O maior valor para a evapotranspiração potencial estimada para o mês de fevereiro ocorreu na Estação de Guaraqueçaba (Posto 13). As três distribuições têm resultados equivalentes, com uma pequeno afastamento da medida estimada usando a GEV em 0,1%.

O maior valor para a evapotranspiração potencial estimada para o mês de março ocorreu na Estação de Umuarama (Posto 8) As três distribuições têm resultados equivalentes, com um pequeno afastamento da medida estimada usando a GEV em 0,18%.

O maior valor para a evapotranspiração potencial estimada para o mês de abril ocorreu na Estação de Bandeirantes (Posto 4) As três distribuições têm resultados equivalentes, com uma pequeno afastamento da medida estimada usando a GEV em 0,25%.

O maior valor para a evapotranspiração potencial estimada para o mês de maio ocorreu na Estação de Ibiporã (Posto 6). As três distribuições têm resultados equivalentes, com um pequeno afastamento da medida estimada usando a Gama de 0,17%, em relação às demais.

O maior valor para a evapotranspiração potencial estimada para o mês de junho ocorreu na Estação de Bandeirantes (Posto 4). As três distribuições têm

resultados equivalentes, com um pequeno afastamento da medida estimada usando a GEV de 0,40%, em relação às demais.

O maior valor para a evapotranspiração potencial estimada para o mês de julho ocorreu na Estação de Ibiporã (Posto 6). As três distribuições têm resultados equivalentes, com um pequeno afastamento da medida estimada usando a GEV de 0,41%, em relação às demais.

O maior valor para a evapotranspiração potencial estimada para o mês de agosto ocorreu na Estação de Ibiporã (Posto 6), sendo que as três distribuições têm resultados equivalentes, com um pequeno afastamento da medida estimada usando a Gama de 0,15% em relação às demais.

O maior valor para a evapotranspiração potencial estimada para o mês de setembro, ocorreu na Estação de Bandeirantes (Posto 4), sendo que as três distribuições têm resultados equivalentes, com um pequeno afastamento da medida estimada usando a GEV de 0,13% em relação às demais.

O maior valor para a evapotranspiração potencial estimada para o mês de outubro, ocorreu na Estação de Bandeirantes (Posto 4), sendo que as três distribuições têm resultados equivalentes, com um pequeno afastamento da medida estimada usando a GEV de 0,29% em relação às demais.

O maior valor para a evapotranspiração potencial estimada para o mês de novembro, ocorreu na Estação de Paranavaí (Posto 7), sendo que as três distribuições têm resultados equivalentes, com um pequeno afastamento da medida estimada usando a GEV de 0,09% em relação às demais.

O maior valor para a evapotranspiração potencial estimada para o mês de dezembro, ocorreu na Estação de Planalto (Posto 18), sendo que as três distribuições têm resultados equivalentes, com um pequeno afastamento da medida estimada usando a GEV de 0,23% em relação às demais.

Os gráficos das Figuras 5 a 16, foram gerados dos valores calculados por meio do modelo gama, com probabilidade de ocorrência de 75%, conforme apresentados nas Tabelas 1B a 22B, Apêndice B.

Pode-se observar uma separação ou variação entre os dados obtidos para a região mais ao norte do estado, relativo aos dados das regiões mais ao sul ou

com maior latitude. Essa variação só muda ou não é tão distinta nos períodos ou meses em que as temperaturas são mais elevadas, a saber: janeiro, fevereiro, março, abril, outubro, novembro e dezembro.

Os meses de temperatura média mais fria apresentam menores valores para a evapotranspiração, o que é coerente, pois o fenômeno é diretamente proporcional à temperatura. Vale o oposto nos meses em que ocorrem temperaturas mais elevadas.

Outra observação importante é que as estações agrometeorológicas, situadas nas cotas de altitudes relativamente mais elevadas, apresentaram a tendência de resultados estimados de evapotranspiração menores.

As Figuras de 5 a 16 mostram os mapas da variabilidade da evapotranspiração potencial no Estado do Paraná. Os mapas apresentados têm suas coordenadas em Universal Transversa de Mercator – UTM.

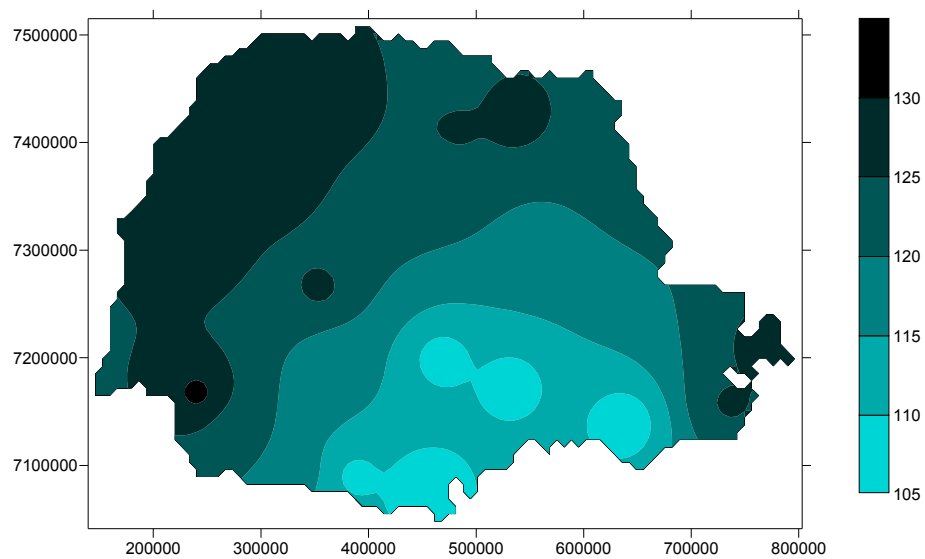


Figura 5 - Evapotranspiração de janeiro, com altura de lâmina em mm.

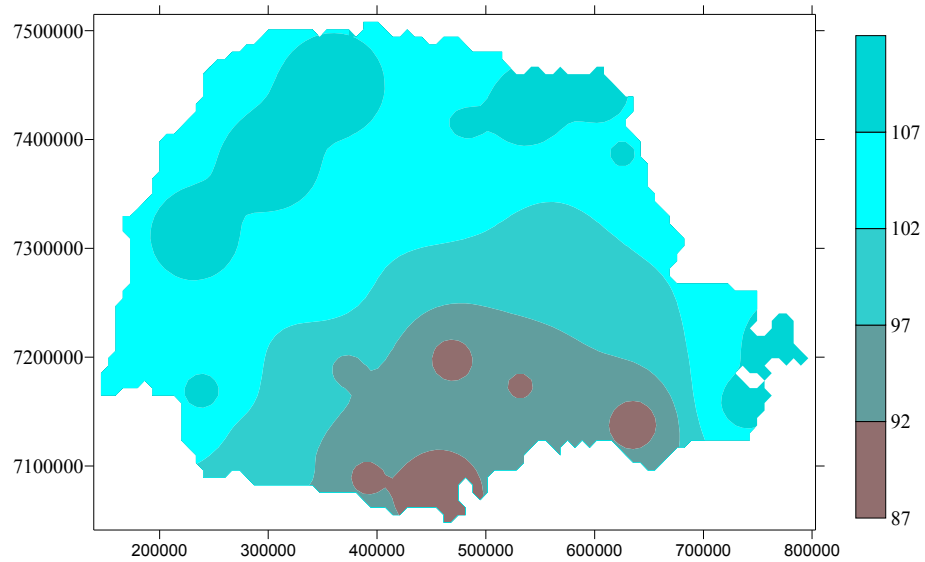


Figura 6 - Evapotranspiração de fevereiro, com altura de lâmina em mm.

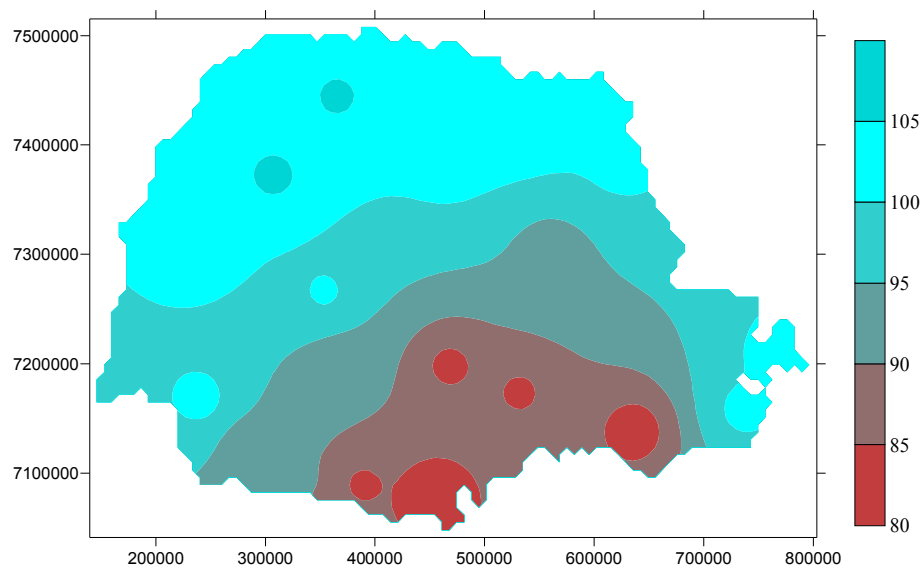


Figura 7 - Evapotranspiração de março, com altura de lâmina em mm.

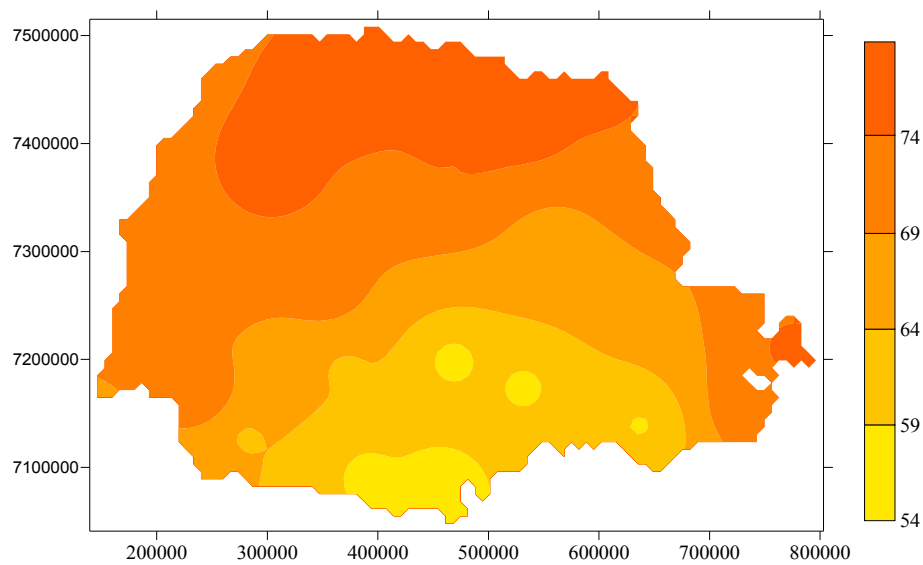


Figura 8 - Evapotranspiração de abril, com altura de lâmina em mm.

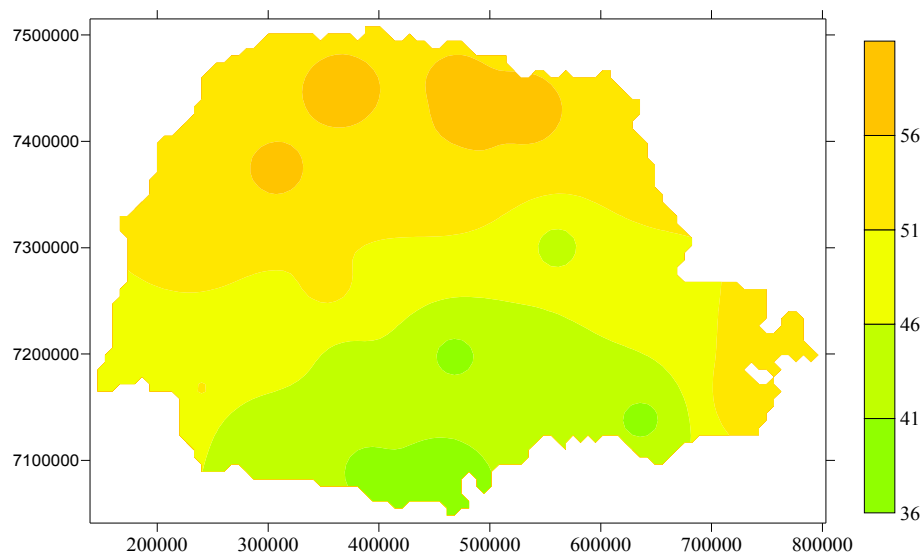


Figura 9 - Evapotranspiração de maio, com altura de lâmina em mm.

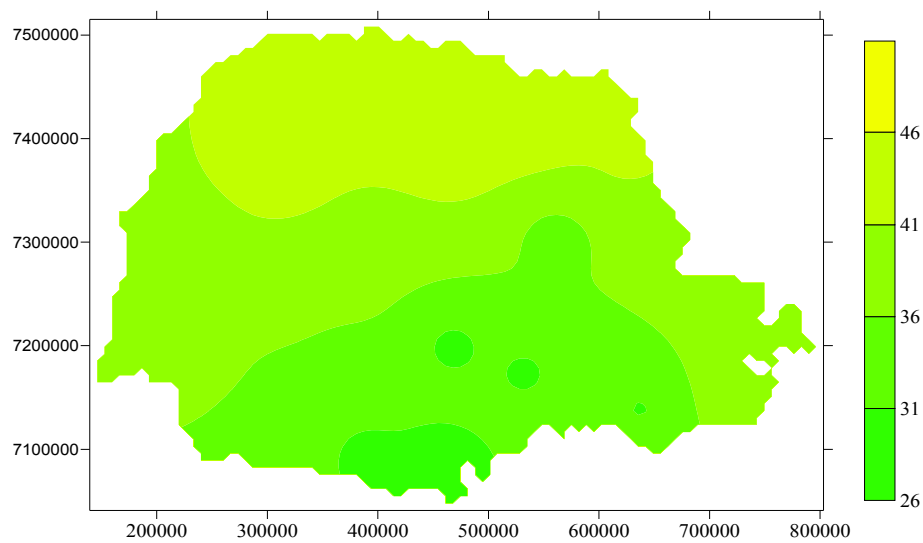


Figura 10 - Evapotranspiração de junho, com altura de lâmina em mm.

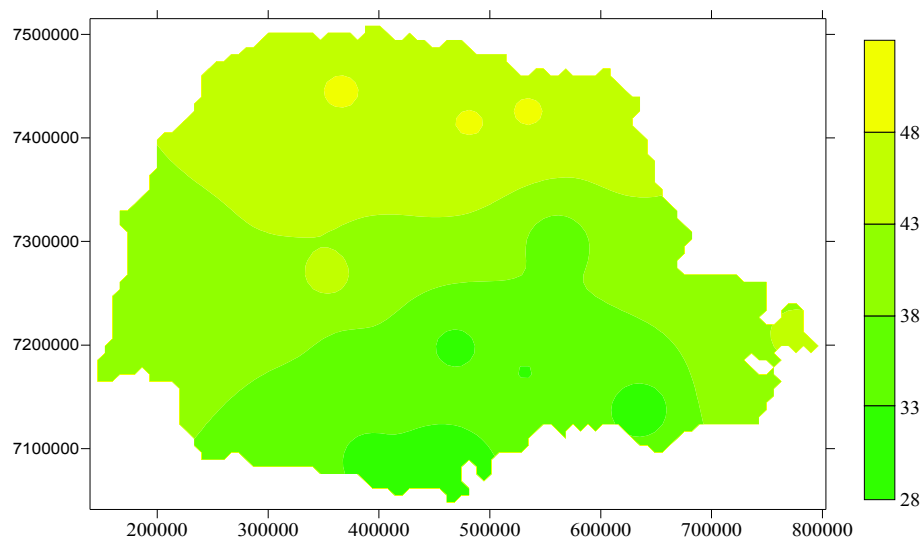


Figura 11 - Evapotranspiração de julho, com altura de lâmina em mm.

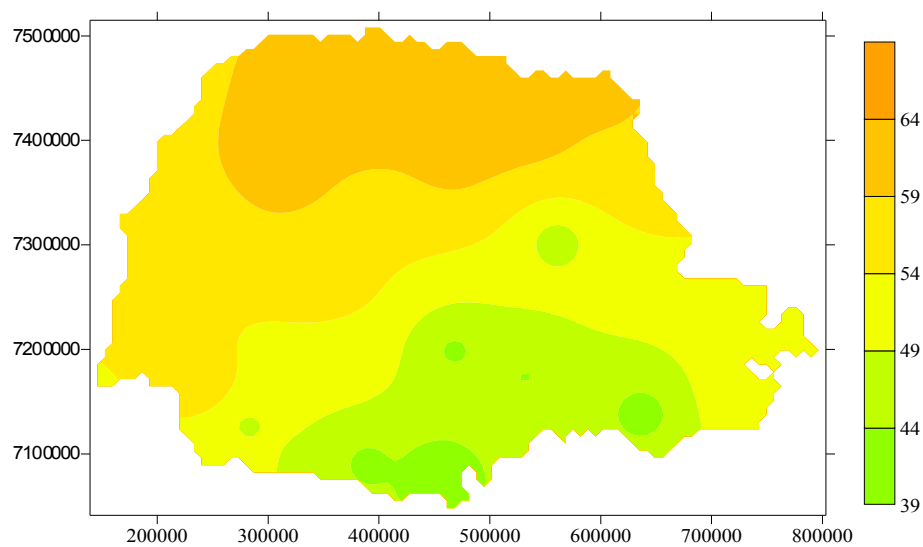


Figura 12 - Evapotranspiração de agosto, com altura de lâmina em mm.

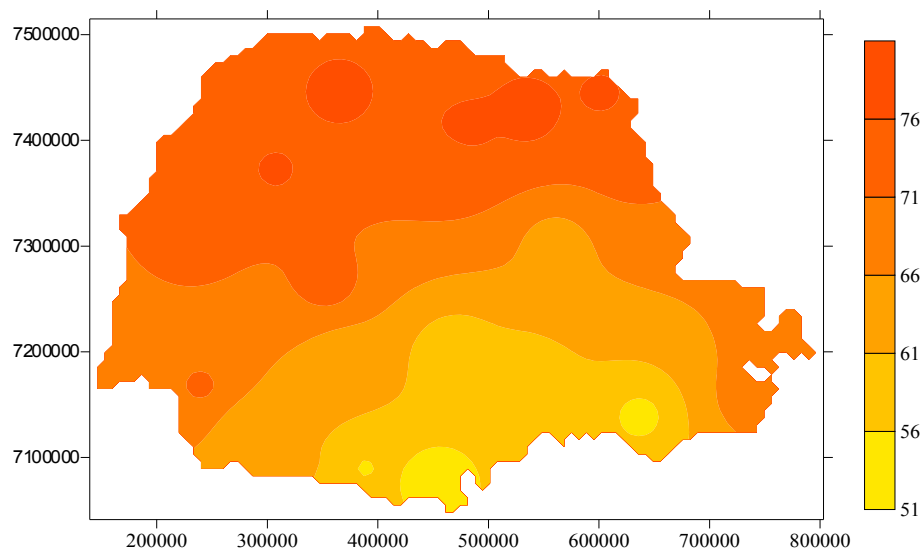


Figura 13 - Evapotranspiração de setembro, com altura de lâmina em mm.

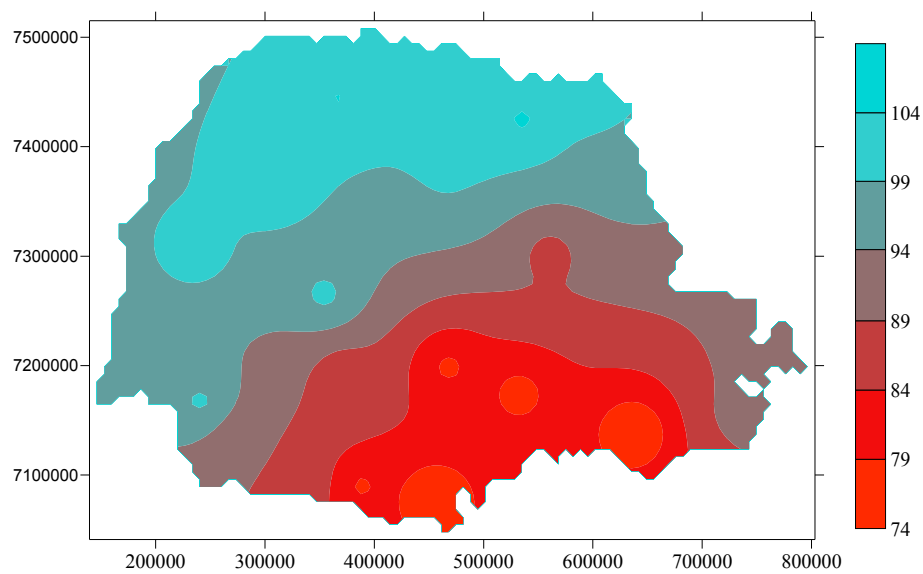


Figura 14 - Evapotranspiração de outubro, com altura de lâmina em mm.

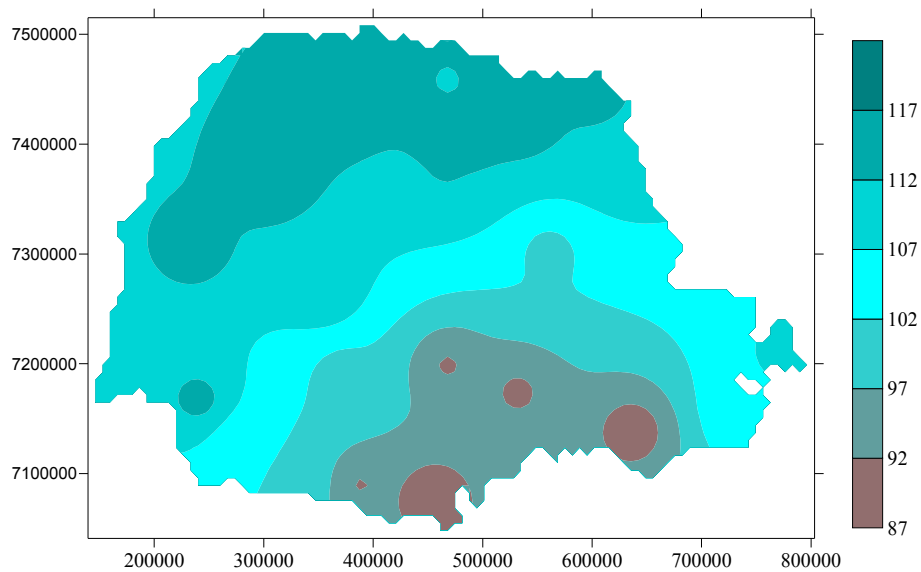


Figura 15 - Evapotranspiração de novembro, com altura de lâmina em mm.

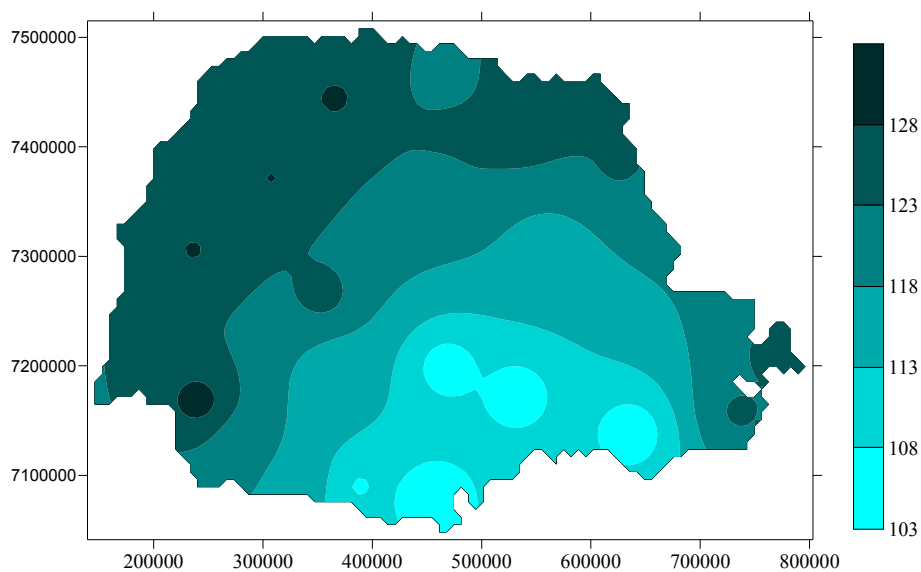


Figura 16 - Evapotranspiração de dezembro, com altura de lâmina em mm.

5 CONCLUSÕES

Os resultados da pesquisa permitem concluir que:

- Os resultados obtidos com o cálculo da evapotranspiração, os valores calculados por meio da Fórmula de Camargo, independentemente de serem superestimados ou subestimados, em relação a outras fórmulas empíricas para cálculo de evapotranspiração, permitem referenciar as áreas do estado do Paraná em intervalos que mostram a variação desse fenômeno ao longo dos meses.
- Os modelos gama, log-normal e GEV adotados para estimar a evapotranspiração potencial, mostraram ajuste altamente satisfatório.

REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration** - Guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1988, Paper 56, 300 p. (FAO, Irrigation and Drainage paper 56).

ÁVILA NETTO, J.; AZEVEDO, P. V.; SILVA, B. B. SOARES, J. M.; TEIXEIRA, A. H. C. Exigências hídricas da videira na região do submédio São Francisco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 35, n. 8, p. 1159-1566, 2000.

AYOADE, J. O.; **Introdução à climatologia para os trópicos**. 9 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. 332 p.

BAUTISTA, E. A. L.; **A distribuição generalizada de valores extremos no estudo da velocidade máxima do vento em Piracicaba, SP**. Piracicaba, 2002. 47 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

CARGNELUTTI FILHO, A.; MATZENAUER, R.; TRINDADE, J. K. Ajustes de funções de distribuição de probabilidade à radiação solar global no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 12, p. 1157-1166, dez. 2004.

CLARKE, R. T.; Hidrologia estatística. In: TUCCI, C. E. M. (org) **Hidrologia: Ciência e aplicação**. 2 ed. Porto Alegre: Ed Universidade/UFRGS:ABRH, 2001. p. 659-702.

COSTA NETO, P. L. de O. **Estatística**. 1 ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2002. 264 p.

CRUCIANI, D. A.. **Drenagem na agricultura**. São Paulo: Nobel, 333 p. 1980.

GOMES, H. P.; **Engenharia de irrigação**: hidráulica dos sistemas pressurizados, aspersão e gotejamento. 3 ed. Campina Grande: UFPb, 1988. 412 p.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ – IAPAR. **Mapa de estações agrometeorológicas**. Disponível em: www.iapar.br. Acesso em: 08 de abril, 2006a.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ – IAPAR. **Publicação eletrônica**. [Mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <calil@creapr.org.br>. em 08 de fevereiro, 2006b.

JENKINSON, A. F. The frequency distribution of the annual maximum (ou minimum) of meteorological elements. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, Berkshire, v. 81, p. 158-171. 1955.

LANNA, A. E. Elementos de estatística e probabilidades. In: TUCCI, C. E. M. (org) **Hidrologia**: Ciência e aplicação. 2 ed. Porto Alegre: Ed Universidade/UFRGS:ABRH,. 2001. p. 79-176.

LENCASTRE, A.; FRANCO, F. M. **Lições de hidrologia**. Lisboa: Ed. Universidade Nova de Lisboa, 1984. 449 p.

LUNARDI, D. M.; LUNARDI, M. A.; FURLAN, M. A. Efeito da umidade da superfície do solo no desempenho do método de Penman original e modificado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v. 6, n.1, p. 88-92, 2002.

MARQUES JR., S.; SAAD, J. C. C.; MOURA, M. V. T. Modelo iterativo para a estimativa da evapotranspiração de referência provável. **Sciencia Agricola**. Piracicaba, v. 52, n. 2, p. 221-225, 1995.

MENDONÇA, J. C.; SOUZA, E. F.; BERNARDO, S.; DIAS, G. P.; GRIPPA, S.; Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) na região Norte Fluminense, RJ. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v. 7, n. 2, p. 275-279, 2003.

MEYER, P. L. **Probabilidade aplicações à estatística**. 2 ed. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos Editora, 1983. 426 p.

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 440 p.

PAIVA, J. B. D.; PAIVA, E. M. C. D. **Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos-ABRH, 2003. 628 p.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C.; **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba-RS: Livraria e Editora Agropecuária, 2002. 478 p.

PONCE, V. M.; **Engineering hydrology: principles and practices**. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall, 1989. 640 p.

REICHARD, K.; TIMM, L. C. **Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações**. 1 ed. São Paulo: Manole, 2004. 478 p.

REICHARDT, K.; **A água em sistemas agrícolas**. 1 ed. São Paulo: Manole, 1990.188 p.

ROCHA, O. C.; GUERRA, A.F.; AZEVEDO, H. M. Ajuste do modelo Chistiansen-Hargreaves para a estimativa da evapotranspiração do feijão no cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 2, p. 263-268, 2003.

SANTIAGO, A. V.; **Evapotranspiração de referência medida por lisímetro de pesagem e estimada por Penman-Monteith (FAO 56), nas escalas mensal e decenal**. Piracicaba, 2001. 37 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

SCHNEIDER, D. S. L. G. **Determinação do índice de disponibilidade de umidade para a região de cascavel no estado do Paraná**. Cascavel, 2003. 103 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

SILVA, A. L.; ROVERATTI, R.; REICHARD, K, BACCHI, O. O. S.; TIMM, L.C.; BRUNO, I. P.; OLIVEIRA, J. C. M.; NETO, D. D. Variabilidade dos componentes do balanço hídrico de uma cultura de café no Brasil. **Sciencia Agrícola**, Piracicaba, v. 63, n. 2, p. 105-114, 2006.

SILVA, L. D. B. da; FOLEGATTI, M.V.; VILLA NOVA, N. A. Evapotranspiração do capim tanzânia obtida pelo método de razão de Bowen e lisímetro de pesagem. **Revista de Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 3, p. 705-712, 2005.

SOUSA PINTO, N. L de ; HOLTZ, A. C. T.; MARTINS, J. A.; GOMIDE, F. L. S.; **Hidrologia básica**. São Paulo: Edgard Blucher, 1976. 278 p.

SPIEGEL, M. R. **Estatística**. 3 ed. São Paulo: McGraw-Hill, 1994. 643 p.

TUCCI, C. E. M.; BELTRAME L. F. S. Evaporação e evapotranspiração. In: TUCCI, C. E. M. (org) **Hidrologia: Ciência e aplicação**. 2 ed. Porto Alegre: Universidade/UFRGS:ABRH, 2001. p. 253-287.

VESCOVE, H. V.; TURCO, J. E. P. Comparação de três métodos da estimativa da evapotranspiração de referência para a região de Araraquara-SP. **Revista de Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, v. 25, n. 3, p. 713-721, set/dez-2005.

VILLELA, S.M.; MATTOS, A.; **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245 p.

VU, S. H.; WATANABE, H.; TAKAGI, K.; Application of FAO-56 for evaluating evapotranspiration in simulation of pollutant runoff from paddy rice field in Japan. **Agricultural Water Management**, v. 76, n. 3, p. 195-210, 2005.

WANG, Q. J; LH moments for statistical analysis of extreme events. **Water Resources Research**, v. 33, n. 12, p. 2841-2848, 1997.

WANG, Q. J; Approximate goodness-of-fit tests of fitted generalized extreme value distributions using LH moments. **Water Resources Research**, v. 34, n. 12, p. 3497-3502, 1998.

APÊNDICES

APÊNDICE A – PARÂMETROS DAS CURVAS DE AJUSTES

Tabela 1A - Parâmetros das curvas de ajuste do modelo gama e log-normal, da evapotranspiração potencial, para dados do posto 01 (Estação Bela Vista do Paraíso)

•

•

Nota: α e β - parâmetros do modelo gama e Média e DP (desvio-padrão) da log-normal.

Tabela 2A - Parâmetros das curvas de ajuste do modelo gama e log-normal, da evapotranspiração potencial, para dados do posto 02 (Estação Joaquim Távora)

▪

Nota: α e β - parâmetros do modelo gama e Média e DP (desvio-padrão) da log-normal.

Tabela 3A - Parâmetros das curvas de ajuste do modelo gama e log-normal, da evapotranspiração potencial, para dados do posto 03 (Estação Cambará)

▪

Nota: α e β - parâmetros do modelo gama e Média e DP (desvio-padrão) da log-normal.

▪

Tabela 4A - Parâmetros das curvas de ajuste do modelo gama e log-normal, da evapotranspiração potencial, para dados do posto 04 (Estação Bandeirantes)

▪

▪

Nota: α e β - parâmetros do modelo gama e Média e DP (desvio-padrão) da log-normal.

Tabela 5A - Parâmetros das curvas de ajuste do modelo gama e log-normal, da evapotranspiração potencial, para dados do posto 05 (Estação Londrina)

▪

▪

Nota: α e β - parâmetros do modelo gama e Média e DP (desvio-padrão) da log-normal.

Tabela 6A - Parâmetros das curvas de ajuste do modelo gama e log-normal, da evapotranspiração potencial, para dados do posto 06 (Estação Ibiporã)

,

,

Nota: α e β - parâmetros do modelo gama e Média e DP (desvio-padrão) da log-normal.

Tabela 7A - Parâmetros das curvas de ajuste do modelo gama e log-normal, da evapotranspiração potencial, para dados do posto 07 (Estação Paranavai)

▪

▪

Nota: α e β - parâmetros do modelo gama e Média e DP (desvio-padrão) da log-normal.

Tabela 8A - Parâmetros das curvas de ajuste do modelo gama e log-normal, da evapotranspiração potencial, para dados do posto 08 (Estação Umuarama)

.

.

Nota: α e β - parâmetros do modelo gama e Média e DP (desvio-padrão) da log-normal.

Tabela 9A - Parâmetros das curvas de ajuste do modelo gama e log-normal, da evapotranspiração potencial, para dados do posto 09 (Estação Telêmaco Borba)

Nota: α e β - parâmetros do modelo gama e Média e DP (desvio-padrão) da log-normal.

Tabela 10A - Parâmetros das curvas de ajuste do modelo gama e log-normal, da evapotranspiração potencial, para dados do posto 10 (Estação Nova Cantu)

Nota: α e β - parâmetros do modelo gama e Média e DP (desvio-padrão) da log-normal.

Tabela 11A - Parâmetros das curvas de ajuste do modelo gama e log-normal, da evapotranspiração potencial, para dados do posto 11 (Estação Palotina)

•

•

Nota: α e β - parâmetros do modelo gama e Média e DP (desvio-padrão) da log-normal.

Tabela 12A - Parâmetros das curvas de ajuste do modelo gama e log-normal, da evapotranspiração potencial, para dados do posto 12 (Estação Morretes)

.

.

Nota: α e β - parâmetros do modelo gama e Média e DP (desvio-padrão) da log-normal.

Tabela 13A - Parâmetros das curvas de ajuste do modelo gama e log-normal, da evapotranspiração potencial, para dados do posto 13 (Estação Guaraqueçaba)

Nota: α e β - parâmetros do modelo gama e Média e DP (desvio-padrão) da log-normal.

Tabela 14A - Parâmetros das curvas de ajuste do modelo gama e log-normal, da evapotranspiração potencial, para dados do posto 14 (Estação Lapa)

Nota: α e β - parâmetros do modelo gama e Média e DP (desvio-padrão) da log-normal.

Tabela 15A - Parâmetros das curvas de ajuste do modelo gama e log-normal, da evapotranspiração potencial, para dados do posto 15 (Estação Fernandes Pinheiro)

•

•

Nota: α e β - parâmetros do modelo gama e Média e DP (desvio-padrão) da log-normal.

Tabela 16A - Parâmetros das curvas de ajuste do modelo gama e log-normal, da evapotranspiração potencial, para dados do posto 16 (Estação Guarapuava)

.

.

Nota: α e β - parâmetros do modelo gama e Média e DP (desvio-padrão) da log-normal.

Tabela 17A - Parâmetros das curvas de ajuste do modelo gama e log-normal, da evapotranspiração potencial, para dados do posto 17 (Estação Laranjeiras do Sul)

Nota: α e β - parâmetros do modelo gama e Média e DP (desvio-padrão) da log-normal.

Tabela 18A - Parâmetros das curvas de ajuste do modelo gama e log-normal, da evapotranspiração potencial, para dados do posto 18 (Estação Planalto)

Nota: α e β - parâmetros do modelo gama e Média e DP (desvio-padrão) da log-normal.

Tabela 19A - Parâmetros das curvas de ajuste do modelo gama e log-normal, da evapotranspiração potencial, para dados do posto 19 (Estação Palmas)

•

•

Nota: α e β - parâmetros do modelo gama e Média e DP (desvio-padrão) da log-normal.

Tabela 20A - Parâmetros das curvas de ajuste do modelo gama e log-normal, da evapotranspiração potencial, para dados do posto 20 (Estação Clevelandia)

.

.

Nota: α e β - parâmetros do modelo gama e Média e DP (desvio-padrão) da log-normal.

Tabela 21A - Parâmetros das curvas de ajuste do modelo gama e log-normal, da evapotranspiração potencial, para dados do posto 21 (Estação Pato Branco)

Nota: α e β - parâmetros do modelo gama e Média e DP (desvio-padrão) da log-normal.

Tabela 22A - Parâmetros das curvas de ajuste do modelo gama e log-normal, da evapotranspiração potencial, para dados do posto 22 (Estação Francisco Beltrão)

Nota: α e β - parâmetros do modelo gama e Média e DP (desvio-padrão) da log-normal.

APÊNDICE B - VALORES ESTIMADOS DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO

Tabela 1B – Valores estimados para evapotranspiração para o mês de janeiro, utilizando-se da Fórmula de Camargo, com 75% de probabilidade de ocorrência

Posto	Codigo IAPAR	Mês: Janeiro	ETPo Estimada (mm/mês)		
		ESTAÇÃO	Gama	LogNormal	GEV
1	2251027	BELA V.PARAISO	122,7	122,6	122,4
2	2349030	JOAQUIM TAVORA	124,5	124,5	124,5
3	2350017	CAMBARA	124,9	124,8	124,7
4	2350018	BANDEIRANTES	127,3	127,2	127,1
5	2351003	LONDRINA	122,9	122,8	122,7
6	2351011	IBIPORA	126,1	126,0	125,9
7	2352017	PARANA VAI	129,5	129,4	129,3
8	2353008	UMUARAMA	129,2	129,1	129,2
9	2450011	TELEMACO BORBA	115,4	115,4	115,4
10	2452050	NOVA CANTU	125,9	125,8	125,8
11	2453003	PALOTINA	129,7	129,6	129,6
12	2548038	MORRETES	125,5	125,4	125,4
13	2548039	GUARAQUECABA	127,7	127,6	127,6
14	2549091	LAPA	106,6	106,5	106,6
15	2550025	FERNANDES PINHEIRO	107,4	107,3	107,3
16	2551010	GUARAPUAVA	107,6	107,5	107,5
17	2552009	LARANJEIRAS DO SUL	116,1	116,1	116,1
18	2553015	PLANALTO	130,8	130,8	130,9
19	2651043	PALMAS	105,0	105,0	105,1
20	2652003	CLEVELANDIA	108,7	108,6	108,6
21	2652035	PATO BRANCO	116,8	116,7	116,8
22	2653012	FRANCISCO BELTRÃO	122,2	122,2	122,5

Tabela 2B – Valores estimados para evapotranspiração para o mês de fevereiro, utilizando-se da Fórmula de Camargo, com 75% de probabilidade de ocorrência

Posto	Codigo IAPAR	Mês: Fevereiro	ETPo Estimada (mm/mês)		
		ESTAÇÃO	Gama	LogNormal	GEV
1	2251027	BELA V.PARAISO	106,0	106,0	106,0
2	2349030	JOAQUIM TA VORA	107,2	107,2	107,1
3	2350017	CAMBARA	107,8	107,8	107,9
4	2350018	BANDEIRANTES	109,4	109,4	109,5
5	2351003	LONDRINA	104,6	104,6	104,6
6	2351011	IBIPORA	107,7	107,6	107,7
7	2352017	PARANAVAI	109,3	109,2	109,2
8	2353008	UMUARAMA	109,4	109,3	109,3
9	2450011	TELEMACO BORBA	97,9	97,9	97,9
10	2452050	NOVA CANTU	105,1	105,0	104,9
11	2453003	PALOTINA	109,3	109,2	109,2
12	2548038	MORRETES	108,3	108,3	108,2
13	2548039	GUARAQUECABA	110,0	109,9	109,7
14	2549091	LAPA	90,0	90,0	89,8
15	2550025	FERNANDES PINHEIRO	91,6	91,5	91,5
16	2551010	GUARAPUA VA	90,3	90,3	90,3
17	2552009	LARANJEIRAS DO SUL	96,5	96,5	96,6
18	2553015	PLANALTO	108,1	108,0	107,9
19	2651043	PALMAS	87,6	87,5	87,5
20	2652003	CLEVELANDIA	91,1	91,0	91,0
21	2652035	PATO BRANCO	97,2	97,1	97,1
22	2653012	FRANCISCO BELTRÃO	101,5	101,5	101,7

Tabela 3B – Valores estimados para evapotranspiração para o mês de março, utilizando-se da Fórmula de Camargo, com 75% de probabilidade de ocorrência

Posto	Codigo IAPAR	Mês: Março	ETPo Estimada (mm/mês)		
		ESTAÇÃO	Gama	LogNormal	GEV
1	2251027	BELA V.PARAISO	101,9	101,8	101,6
2	2349030	JOAQUIM TAVORA	101,5	101,5	101,3
3	2350017	CAMBARA	102,5	102,5	102,5
4	2350018	BANDEIRANTES	104,8	104,8	104,6
5	2351003	LONDRINA	100,8	100,8	100,6
6	2351011	IBIPORA	104,2	104,2	104,0
7	2352017	PARANAVAI	105,6	105,6	105,4
8	2353008	UMUARAMA	106,0	105,9	105,7
9	2450011	TELEMACO BORBA	92,0	91,9	91,8
10	2452050	NOVA CANTU	100,6	100,5	100,3
11	2453003	PALOTINA	104,0	104,0	103,8
12	2548038	MORRETES	101,0	101,0	100,9
13	2548039	GUARAQUECABA	102,6	102,5	102,4
14	2549091	LAPA	82,2	82,2	82,0
15	2550025	FERNANDES PINHEIRO	84,2	84,1	84,1
16	2551010	GUARAPUAVA	83,6	83,5	83,4
17	2552009	LARANJEIRAS DO SUL	91,0	91,0	90,8
18	2553015	PLANALTO	101,8	101,8	101,5
19	2651043	PALMAS	80,2	80,2	80,0
20	2652003	CLEVELANDIA	84,1	84,1	83,9
21	2652035	PATO BRANCO	90,5	90,4	90,2
22	2653012	FRANCISCO BELTRÃO	93,5	93,5	93,3

Tabela 4B – Valores estimados para evapotranspiração para o mês de abril, utilizando-se da Fórmula de Camargo, com 75% de probabilidade de ocorrência

Posto	Codigo IAPAR	Mês: Abril	ETPo Estimada (mm/mês)		
		ESTAÇÃO	Gama	LogNormal	GEV
1	2251027	BELA V.PARAISO	75,6	75,6	75,4
2	2349030	JOAQUIM TA VORA	73,5	73,5	73,5
3	2350017	CAMBARA	75,2	75,1	75,0
4	2350018	BANDEIRANTES	77,7	77,7	77,5
5	2351003	LONDRINA	74,0	73,9	73,7
6	2351011	IBIPORA	77,1	77,0	76,8
7	2352017	PARANA VAI	77,2	77,2	77,0
8	2353008	UMUARAMA	77,5	77,4	77,3
9	2450011	TELEMACO BORBA	64,6	64,5	64,3
10	2452050	NOVA CANTU	71,8	71,7	71,6
11	2453003	PALOTINA	74,0	73,9	73,8
12	2548038	MORRETES	72,1	72,0	72,3
13	2548039	GUARAQUECABA	75,0	75,0	75,1
14	2549091	LAPA	58,7	58,7	58,5
15	2550025	FERNANDES PINHEIRO	58,2	58,1	58,1
16	2551010	GUARAPUA VA	57,6	57,6	57,5
17	2552009	LARANJEIRAS DO SUL	63,5	63,5	63,3
18	2553015	PLANALTO	72,2	72,2	72,1
19	2651043	PALMAS	54,2	54,1	54,1
20	2652003	CLEVELANDIA	56,8	56,7	56,8
21	2652035	PATO BRANCO	63,3	63,2	63,3
22	2653012	FRANCISCO BELTRÃO	63,7	63,6	63,6

Tabela 5B – Valores estimados para evapotranspiração para o mês de maio, utilizando-se da Fórmula de Camargo, com 75% de probabilidade de ocorrência

Posto	Codigo IAPAR	Mês: Maio	ETPo Estimada (mm/mês)		
		ESTAÇÃO	Gama	LogNormal	GEV
1	2251027	BELA V.PARAISO	56,5	56,4	56,4
2	2349030	JOAQUIM TAVORA	54,3	54,3	54,1
3	2350017	CAMBARA	55,9	55,9	55,7
4	2350018	BANDEIRANTES	57,9	57,8	57,7
5	2351003	LONDRINA	54,6	54,6	54,6
6	2351011	IBIPORA	58,2	58,1	58,1
7	2352017	PARANA VAI	57,5	57,5	57,4
8	2353008	UMUARAMA	57,3	57,2	57,3
9	2450011	TELEMACO BORBA	45,0	44,9	44,8
10	2452050	NOVA CANTU	52,0	51,9	51,9
11	2453003	PALOTINA	52,8	52,7	52,5
12	2548038	MORRETES	54,0	54,0	54,1
13	2548039	GUARAQUECABA	55,6	55,5	55,4
14	2549091	LAPA	40,1	40,1	39,9
15	2550025	FERNANDES PINHEIRO	41,4	41,3	41,3
16	2551010	GUARAPUAVA	39,8	39,8	39,7
17	2552009	LARANJEIRAS DO SUL	45,0	44,9	44,9
18	2553015	PLANALTO	51,1	51,0	51,1
19	2651043	PALMAS	36,0	36,0	35,9
20	2652003	CLEVELANDIA	39,4	39,3	39,2
21	2652035	PATO BRANCO	44,0	44,0	43,9
22	2653012	FRANCISCO BELTRÃO	43,7	43,6	43,5

Tabela 6B – Valores estimados para evapotranspiração para o mês de junho, utilizando-se da Fórmula de Camargo, com 75% de probabilidade de ocorrência

Posto	Codigo IAPAR	Mês: Junho	ETPo Estimada (mm/mês)		
		ESTAÇÃO	Gama	LogNormal	GEV
1	2251027	BELA V.PARAISO	44,7	44,7	44,4
2	2349030	JOAQUIM TA VORA	41,5	41,5	43,3
3	2350017	CAMBARA	43,7	43,7	43,6
4	2350018	BANDEIRANTES	45,0	45,0	44,8
5	2351003	LONDRINA	42,3	42,2	42,0
6	2351011	IBIPORA	44,9	44,9	44,6
7	2352017	PARANAVAI	44,7	44,6	44,4
8	2353008	UMUARAMA	44,4	44,4	44,2
9	2450011	TELEMACO BORBA	34,1	34,0	33,9
10	2452050	NOVA CANTU	40,4	40,3	43,8
11	2453003	PALOTINA	40,2	41,2	40,0
12	2548038	MORRETES	40,3	40,2	40,2
13	2548039	GUARAQUECABA	41,0	41,0	40,9
14	2549091	LAPA	30,9	30,8	30,6
15	2550025	FERNANDES PINHEIRO	30,5	30,5	30,3
16	2551010	GUARAPUA VA	30,0	30,0	29,8
17	2552009	LARANJEIRAS DO SUL	34,6	34,6	34,4
18	2553015	PLANALTO	38,9	38,8	38,7
19	2651043	PALMAS	26,7	26,6	26,4
20	2652003	CLEVELANDIA	29,0	29,0	28,9
21	2652035	PATO BRANCO	33,0	32,9	32,7
22	2653012	FRANCISCO BELTRÃO	32,4	32,4	32,2

Tabela 7B – Valores estimados para evapotranspiração para o mês de julho, utilizando-se da Fórmula de Camargo, com 75% de probabilidade de ocorrência

Posto	Codigo IAPAR	Mês: Julho	ETPo Estimada (mm/mês)		
		ESTAÇÃO	Gama	LogNormal	GEV
1	2251027	BELA V.PARAISO	47,8	47,7	47,6
2	2349030	JOAQUIM TAVORA	45,0	44,9	44,8
3	2350017	CAMBARA	46,1	46,0	45,8
4	2350018	BANDEIRANTES	48,5	48,5	48,4
5	2351003	LONDRINA	45,7	45,6	45,5
6	2351011	IBIPORA	48,6	48,6	48,4
7	2352017	PARANA VAI	48,5	48,4	48,3
8	2353008	UMUARAMA	48,0	47,9	47,9
9	2450011	TELEMACO BORBA	35,9	35,8	35,8
10	2452050	NOVA CANTU	43,9	43,8	40,1
11	2453003	PALOTINA	41,7	41,5	41,6
12	2548038	MORRETES	42,9	42,8	42,8
13	2548039	GUARAQUECABA	43,5	43,5	43,6
14	2549091	LAPA	31,2	31,1	31,5
15	2550025	FERNANDES PINHEIRO	32,9	32,8	32,8
16	2551010	GUARAPUAVA	31,9	31,8	31,8
17	2552009	LARANJEIRAS DO SUL	36,9	36,8	36,8
18	2553015	PLANALTO	42,0	41,9	41,8
19	2651043	PALMAS	28,3	28,2	28,4
20	2652003	CLEVELANDIA	31,3	31,2	31,2
21	2652035	PATO BRANCO	35,5	35,4	35,6
22	2653012	FRANCISCO BELTRÃO	35,3	35,2	35,2

Tabela 8B – Valores estimados para evapotranspiração para o mês de agosto, utilizando-se da Fórmula de Camargo, com 75% de probabilidade de ocorrência

Posto	Codigo IAPAR	Mês: Agosto	ETPo Estimada (mm/mês)		
		ESTAÇÃO	Gama	LogNormal	GEV
1	2251027	BELA V.PARAISO	62,4	62,4	62,3
2	2349030	JOAQUIM TA VORA	58,5	58,5	58,4
3	2350017	CAMBARA	60,2	60,1	60,0
4	2350018	BANDEIRANTES	63,4	63,3	63,3
5	2351003	LONDRINA	59,7	59,6	59,6
6	2351011	IBIPORA	63,7	63,6	63,6
7	2352017	PARANAVAI	63,4	63,3	63,2
8	2353008	UMUARAMA	63,0	62,9	62,8
9	2450011	TELEMACO BORBA	47,4	47,4	47,3
10	2452050	NOVA CANTU	58,4	58,3	58,3
11	2453003	PALOTINA	55,1	55,0	55,2
12	2548038	MORRETES	53,0	53,0	53,0
13	2548039	GUARAQUECABA	53,5	53,4	53,3
14	2549091	LAPA	42,7	42,6	42,4
15	2550025	FERNANDES PINHEIRO	43,9	43,9	43,7
16	2551010	GUARAPUA VA	43,4	43,4	43,5
17	2552009	LARANJEIRAS DO SUL	51,2	50,1	50,2
18	2553015	PLANALTO	57,3	57,2	57,3
19	2651043	PALMAS	39,9	39,8	39,9
20	2652003	CLEVELANDIA	42,8	42,7	43,0
21	2652035	PATO BRANCO	48,8	48,7	49,0
22	2653012	FRANCISCO BELTRÃO	48,7	48,6	48,7

Tabela 9B – Valores estimados para evapotranspiração para o mês de setembro, utilizando-se da Fórmula de Camargo, com 75% de probabilidade de ocorrência

Posto	Codigo IAPAR	Mês: Setembro	ETPo Estimada (mm/mês)		
		ESTAÇÃO	Gama	LogNormal	GEV
1	2251027	BELA V.PARAISO	75,5	75,4	75,2
2	2349030	JOAQUIM TAVORA	73,8	73,8	73,6
3	2350017	CAMBARA	76,6	76,6	76,3
4	2350018	BANDEIRANTES	78,2	78,1	78,0
5	2351003	LONDRINA	74,2	74,1	74,0
6	2351011	IBIPORA	77,9	77,8	77,7
7	2352017	PARANAVAI	77,6	77,5	77,3
8	2353008	UMUARAMA	76,6	76,5	76,5
9	2450011	TELEMACO BORBA	63,5	63,4	63,5
10	2452050	NOVA CANTU	73,6	73,5	73,2
11	2453003	PALOTINA	73,1	73,0	73,0
12	2548038	MORRETES	67,7	67,6	67,5
13	2548039	GUARAQUECABA	68,6	68,5	68,5
14	2549091	LAPA	54,7	54,6	54,4
15	2550025	FERNANDES PINHEIRO	57,0	56,9	56,7
16	2551010	GUARAPUAVA	56,1	56,0	55,9
17	2552009	LARANJEIRAS DO SUL	62,7	62,6	62,3
18	2553015	PLANALTO	71,7	71,5	71,5
19	2651043	PALMAS	51,5	51,4	51,3
20	2652003	CLEVELANDIA	55,7	55,6	55,4
21	2652035	PATO BRANCO	61,3	61,2	61,0
22	2653012	FRANCISCO BELTRÃO	63,6	63,5	63,4

Tabela 10B – Valores estimados para evapotranspiração para o mês de outubro, utilizando-se da Fórmula de Camargo, com 75% de probabilidade de ocorrência

Posto	Codigo IAPAR	Mês: Outubro	ETPo Estimada (mm/mês)		
		ESTAÇÃO	Gama	LogNormal	GEV
1	2251027	BELA V.PARAISO	100,0	99,9	99,6
2	2349030	JOAQUIM TA VORA	96,9	96,8	96,5
3	2350017	CAMBARA	101,5	101,5	101,2
4	2350018	BANDEIRANTES	104,4	104,2	103,9
5	2351003	LONDRINA	99,5	99,4	99,2
6	2351011	IBIPORA	103,4	103,3	103,0
7	2352017	PARANAVAI	104,1	104,0	103,7
8	2353008	UMUARAMA	103,2	103,1	102,9
9	2450011	TELEMACO BORBA	87,9	87,9	87,8
10	2452050	NOVA CANTU	99,7	99,6	99,5
11	2453003	PALOTINA	100,8	100,8	100,5
12	2548038	MORRETES	90,1	90,0	89,9
13	2548039	GUARAQUECABA	92,3	92,2	92,1
14	2549091	LAPA	75,3	75,3	75,1
15	2550025	FERNANDES PINHEIRO	77,5	77,5	77,3
16	2551010	GUARAPUAVA	78,4	78,3	78,2
17	2552009	LARANJEIRAS DO SUL	86,8	86,7	86,5
18	2553015	PLANALTO	99,4	99,3	99,1
19	2651043	PALMAS	74,5	74,4	74,2
20	2652003	CLEVELANDIA	78,6	78,6	78,3
21	2652035	PATO BRANCO	87,4	87,3	87,2
22	2653012	FRANCISCO BELTRÃO	89,6	89,6	89,5

Tabela 11B – Valores estimados para evapotranspiração para o mês de novembro, utilizando-se da Fórmula de Camargo, com 75% de probabilidade de ocorrência.

Posto	Codigo	Mês: Novembro	ETPo Estimada (mm/mês)		
	IAPAR	ESTAÇÃO	Gama	LogNormal	GEV
1	2251027	BELA V.PARAISO	111,9	111,8	111,7
2	2349030	JOAQUIM TAVORA	110,3	110,2	110,1
3	2350017	CAMBARA	113,5	113,4	113,3
4	2350018	BANDEIRANTES	115,8	115,7	115,6
5	2351003	LONDRINA	112,2	112,1	112,1
6	2351011	IBIPORA	115,5	115,5	115,4
7	2352017	PARANAVAI	116,7	116,7	116,6
8	2353008	UMUARAMA	115,9	115,9	115,7
9	2450011	TELEMACO BORBA	100,5	100,5	100,5
10	2452050	NOVA CANTU	112,0	112,0	111,8
11	2453003	PALOTINA	114,2	114,2	114,0
12	2548038	MORRETES	105,9	105,9	106,0
13	2548039	GUARAQUECABA	108,2	108,1	108,0
14	2549091	LAPA	89,0	89,0	88,9
15	2550025	FERNANDES PINHEIRO	91,1	91,0	91,1
16	2551010	GUARAPUAVA	91,5	91,5	91,4
17	2552009	LARANJEIRAS DO SUL	100,2	100,1	100,0
18	2553015	PLANALTO	113,6	113,5	113,3
19	2651043	PALMAS	87,5	87,4	87,2
20	2652003	CLEVELANDIA	91,8	91,7	91,6
21	2652035	PATO BRANCO	100,7	100,7	100,6
22	2653012	FRANCISCO BELTRÃO	103,6	103,5	103,3

Tabela 12B – Valores estimados para evapotranspiração para o mês de dezembro, utilizando-se da Fórmula de Camargo, com 75% de probabilidade de ocorrência.

Posto	Codigo IAPAR	Mês: Dezembro	ETPo Estimada (mm/mês)		
		ESTAÇÃO	Gama	LogNormal	GEV
1	2251027	BELA V.PARAISO	121,6	121,5	121,7
2	2349030	JOAQUIM TA VORA	123,4	123,4	123,4
3	2350017	CAMBARA	125,2	125,1	125,2
4	2350018	BANDEIRANTES	127,0	127,0	127,1
5	2351003	LONDRINA	122,2	122,1	122,1
6	2351011	IBIPORA	125,4	125,3	125,3
7	2352017	PARANAVAI	128,5	128,4	128,3
8	2353008	UMUARAMA	128,1	128,0	127,9
9	2450011	TELEMACO BORBA	113,9	113,8	113,9
10	2452050	NOVA CANTU	124,4	124,3	124,2
11	2453003	PALOTINA	128,2	128,1	128,0
12	2548038	MORRETES	123,5	123,4	123,4
13	2548039	GUARAQUECABA	124,7	124,6	124,4
14	2549091	LAPA	105,0	104,9	104,7
15	2550025	FERNANDES PINHEIRO	105,4	105,3	105,5
16	2551010	GUARAPUAVA	105,1	105,1	105,1
17	2552009	LARANJEIRAS DO SUL	114,2	114,1	114,2
18	2553015	PLANALTO	129,8	129,7	129,4
19	2651043	PALMAS	103,5	103,4	103,4
20	2652003	CLEVELANDIA	107,6	107,6	107,5
21	2652035	PATO BRANCO	115,9	115,9	115,8
22	2653012	FRANCISCO BELTRÃO	120,8	120,7	120,6

APÊNDICE C - VARIAÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL

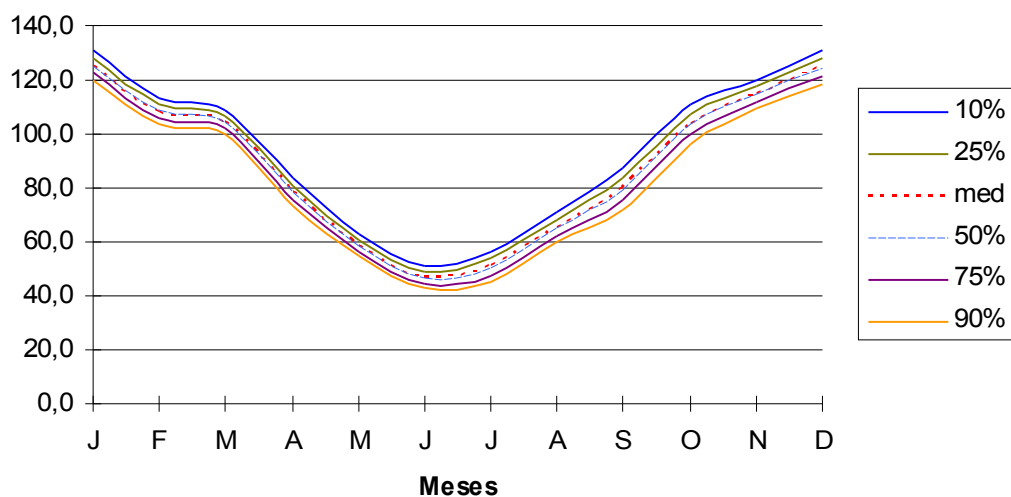


Figura 1A - Gráfico da variação da evapotranspiração potencial com valores calculados em 10%, 25%, 50%, 75% e 90% de probabilidade de ocorrência, e valores da média amostral no Posto 1 (Estação Bela Vista do Paraíso).

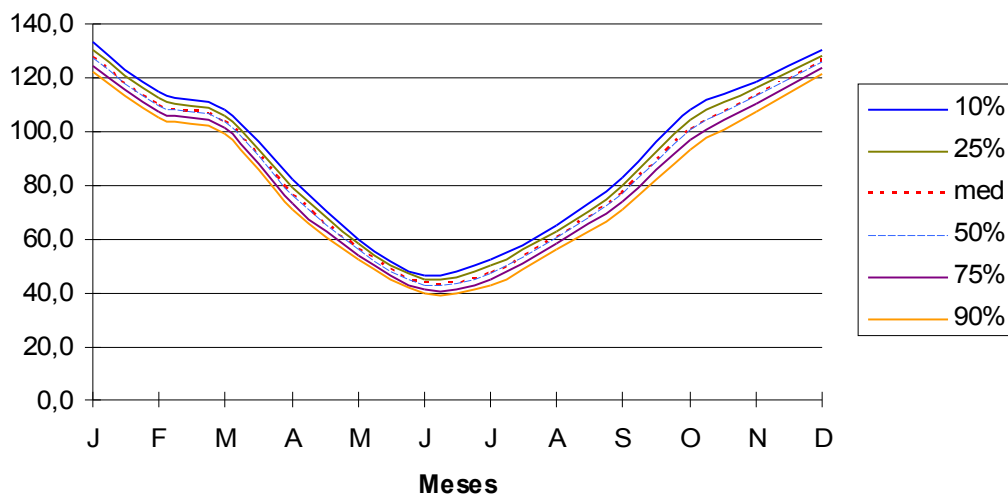


Figura 2A - Gráfico da variação da evapotranspiração potencial com valores calculados em 10%, 25%, 50%, 75% e 90% de probabilidade de ocorrência, e valores da média amostral no Posto 2 (Estação Joaquim Távora).

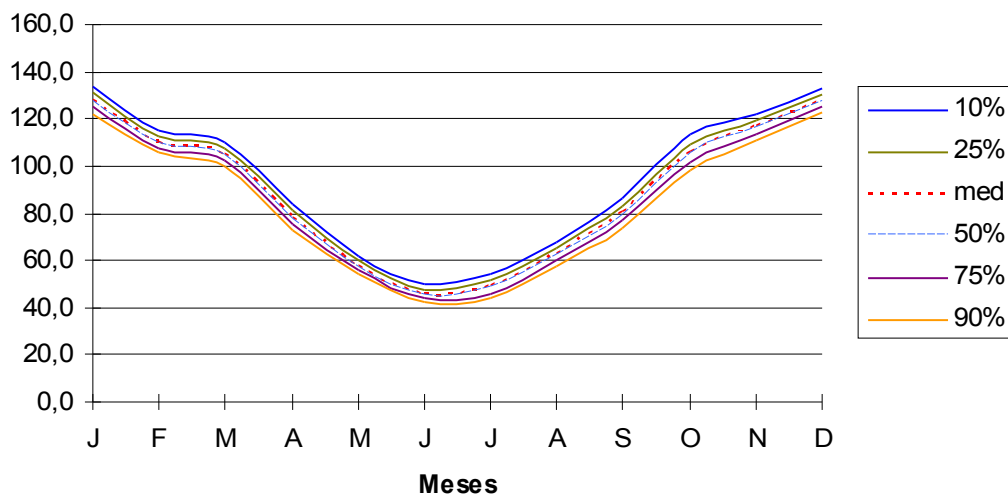


Figura 3A - Gráfico da variação da evapotranspiração potencial com valores calculados em 10%, 25%, 50%, 75% e 90% de probabilidade de ocorrência, e valores da média amostral no Posto 3 (Estação Cambará).

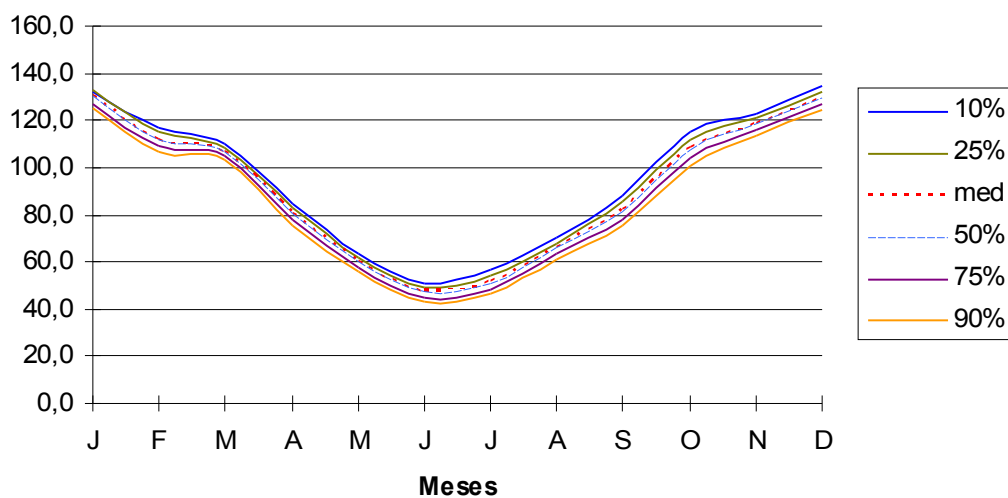


Figura 4A - Gráfico da variação da evapotranspiração potencial com valores calculados em 10%, 25%, 50%, 75% e 90% de probabilidade de ocorrência, e valores da média amostral no Posto 4 (Estação Bandeirantes).

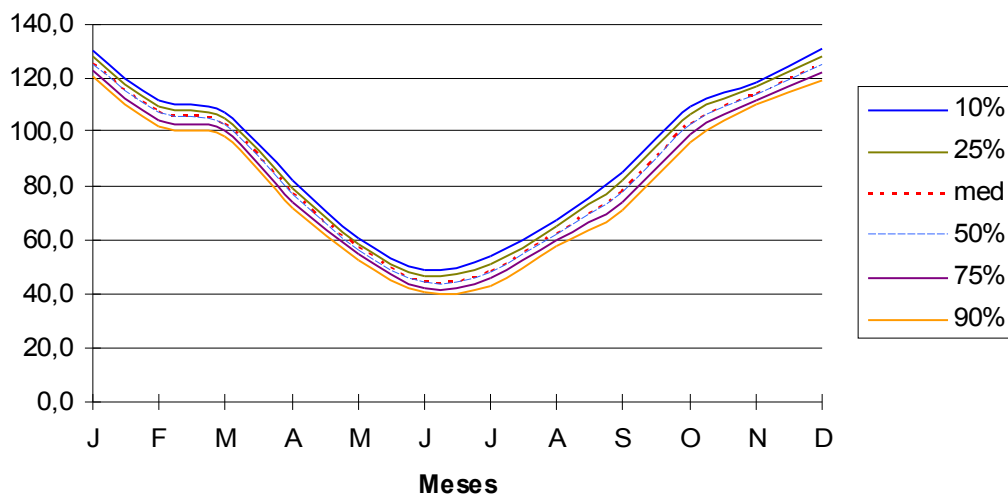


Figura 5A - Gráfico da variação da evapotranspiração potencial com valores calculados em 10%, 25%, 50%, 75% e 90% de probabilidade de ocorrência, e valores da média amostral no Posto 5 (Estação Londrina).

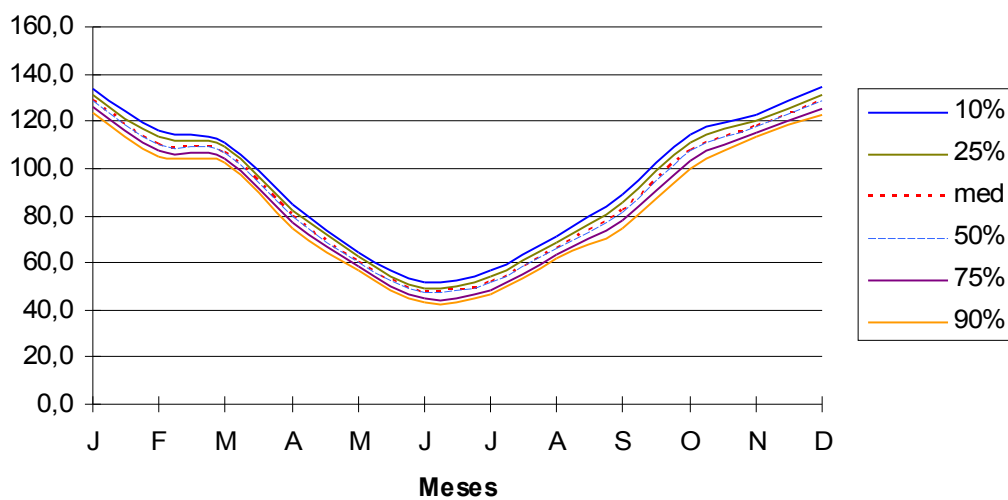


Figura 6A - Gráfico da variação da evapotranspiração potencial com valores calculados em 10%, 25%, 50%, 75% e 90% de probabilidade de ocorrência, e valores da média amostral no Posto 6 (Estação Ibiporã).

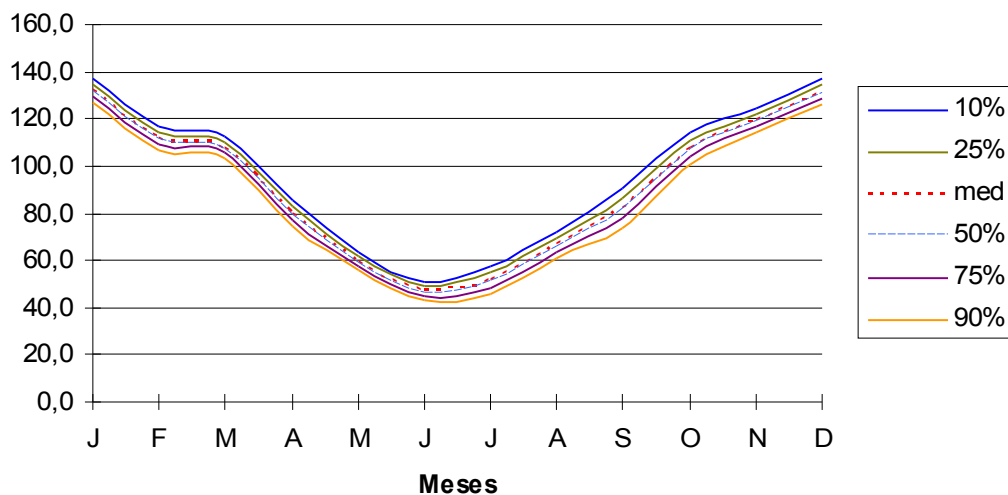


Figura 7A - Gráfico da variação da evapotranspiração potencial com valores calculados em 10%, 25%, 50%, 75% e 90% de probabilidade de ocorrência, e valores da média amostral no Posto 7 (Estação Paranavaí).

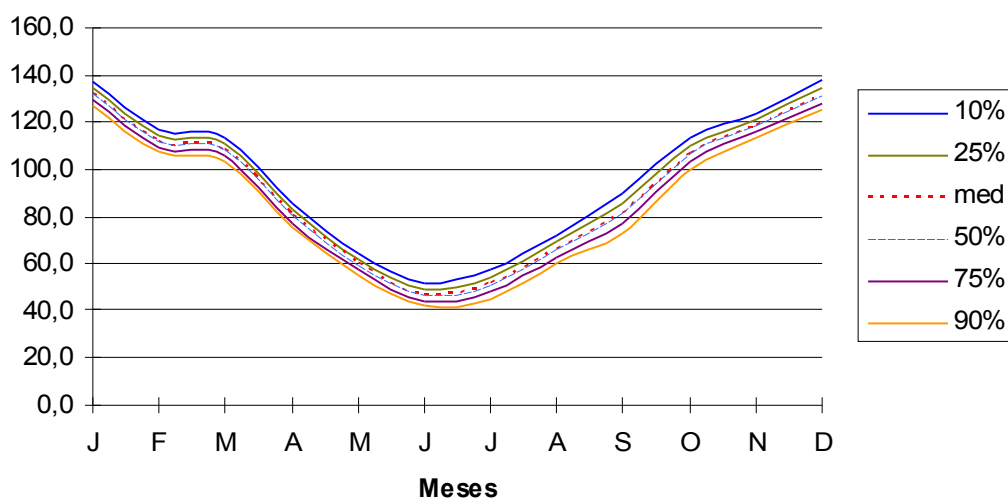


Figura 8A - Gráfico da variação da evapotranspiração potencial com valores calculados em 10%, 25%, 50%, 75% e 90% de probabilidade de ocorrência, e valores da média amostral no Posto 8 (Estação Umuarama).

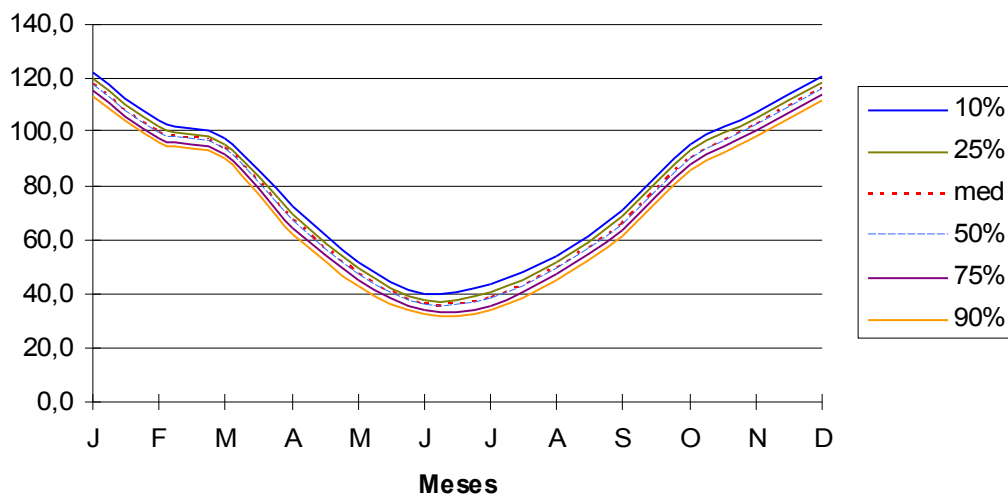


Figura 9A - Gráfico da variação da evapotranspiração potencial com valores calculados em 10%, 25%, 50%, 75% e 90% de probabilidade de ocorrência, e valores da média amostral no Posto 9 (Estação Telêmaco Borba).

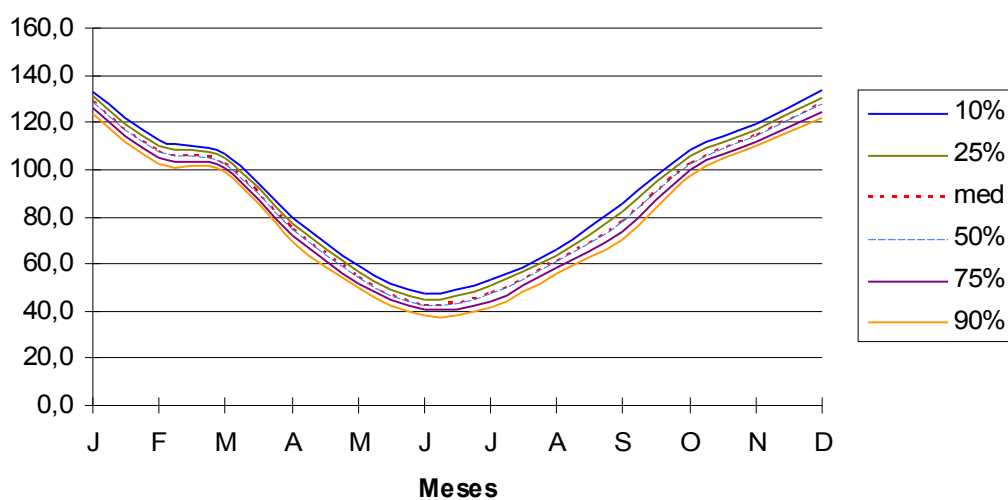


Figura 10A - Gráfico da variação da evapotranspiração potencial com valores calculados em 10%, 25%, 50%, 75% e 90% de probabilidade de ocorrência, e valores da média amostral no Posto 10 (Estação Nova Cantu).

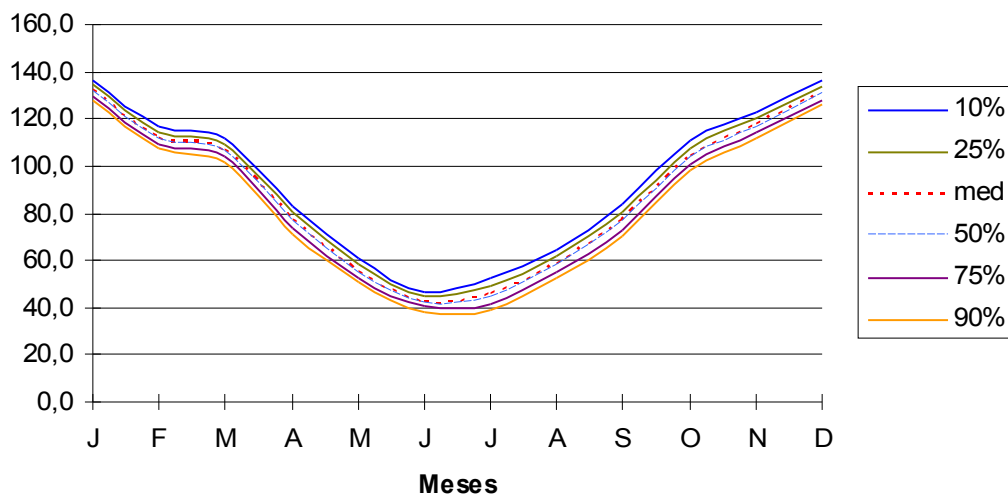


Figura 11A - Gráfico da variação da evapotranspiração potencial com valores calculados em 10%, 25%, 50%, 75% e 90% de probabilidade de ocorrência, e valores da média amostral no Posto 11 (Estação Palotina).

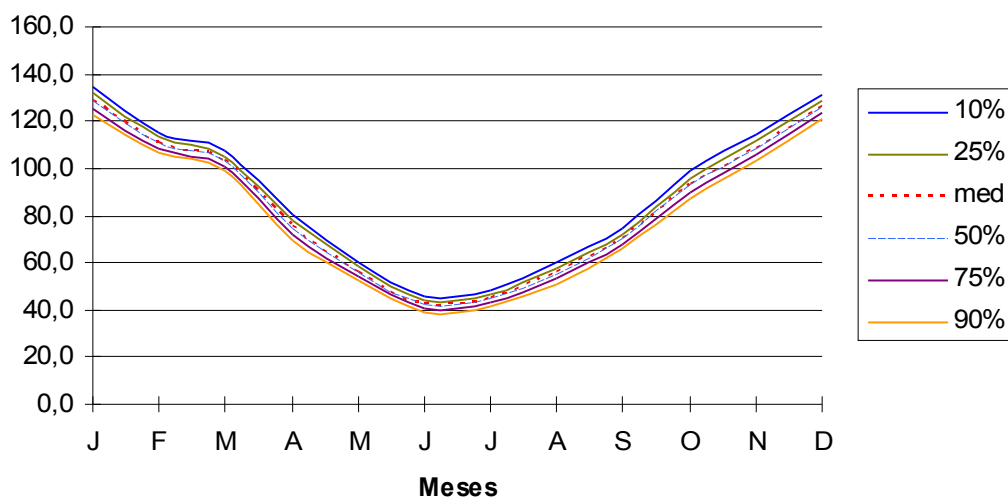


Figura 12A - Gráfico da variação da evapotranspiração potencial com valores calculados em 10%, 25%, 50%, 75% e 90% de probabilidade de ocorrência, e valores da média amostral no Posto 12 (Estação Morretes).

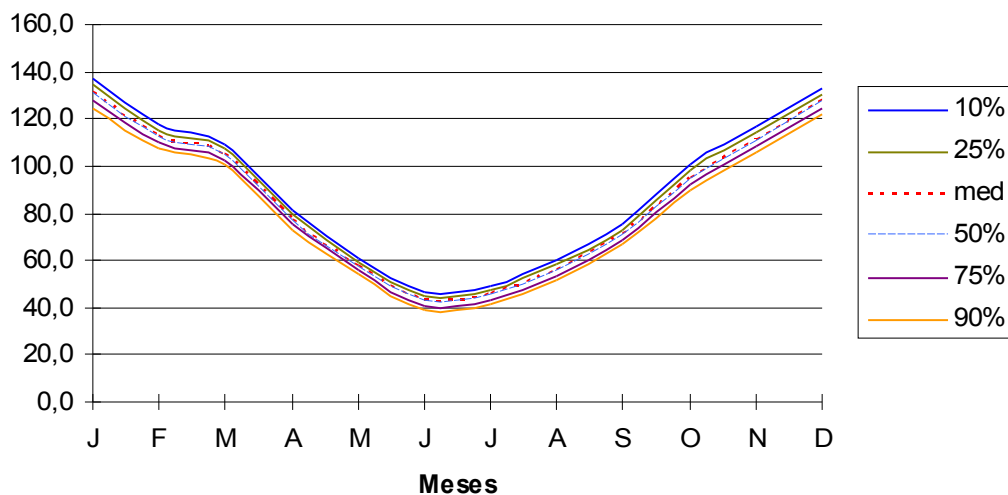


Figura 13A - Gráfico da variação da evapotranspiração potencial com valores calculados em 10%, 25%, 50%, 75% e 90% de probabilidade de ocorrência, e valores da média amostral no Posto 13 (Estação Guaraqueçaba).

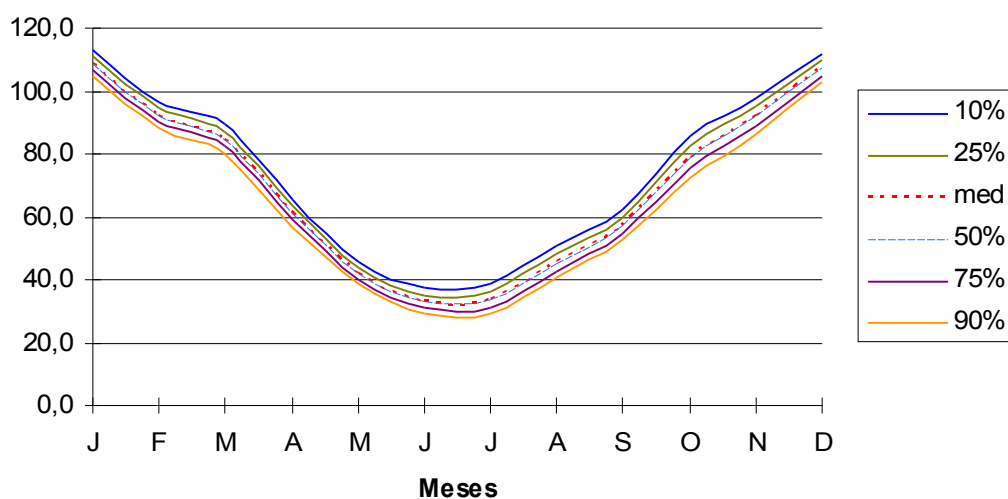


Figura 14A - Gráfico da variação da evapotranspiração potencial com valores calculados em 10%, 25%, 50%, 75% e 90% de probabilidade de ocorrência, e valores da média amostral no Posto 14 (Estação Lapa).

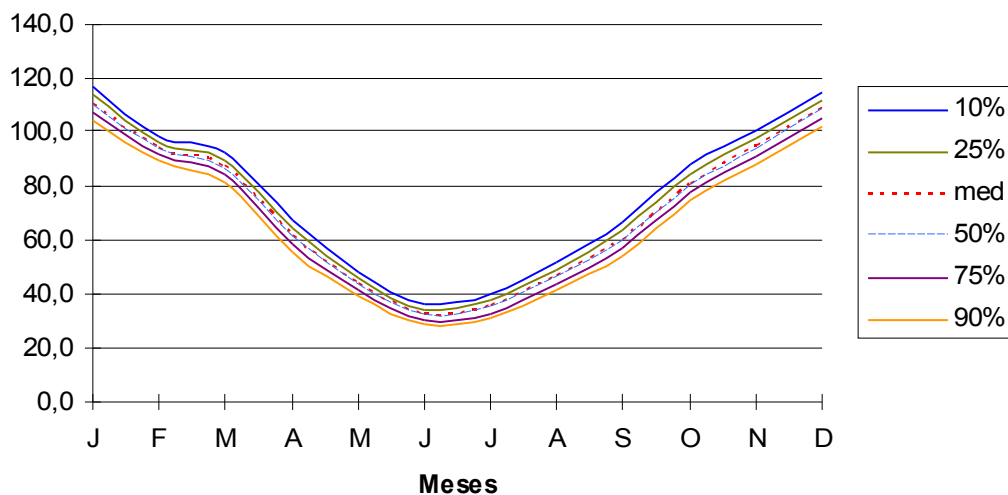


Figura 15A - Gráfico da variação da evapotranspiração potencial com valores calculados em 10%, 25%, 50%, 75% e 90% de probabilidade de ocorrência, e valores da média amostral no Posto 15 (Estação Fernandes Pinheiro).

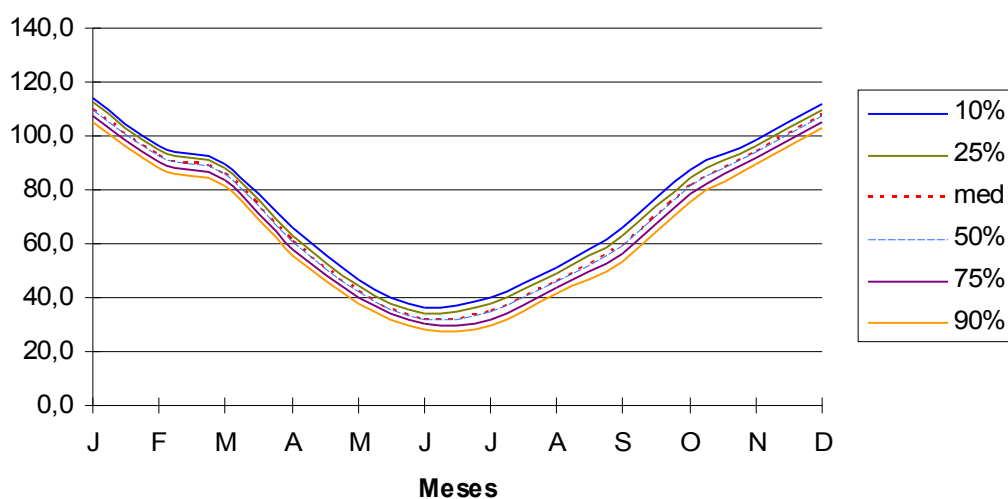


Figura 16A - Gráfico da variação da evapotranspiração potencial com valores calculados em 10%, 25%, 50%, 75% e 90% de probabilidade de ocorrência, e valores da média amostral no Posto 16 (Estação Guarapuava).

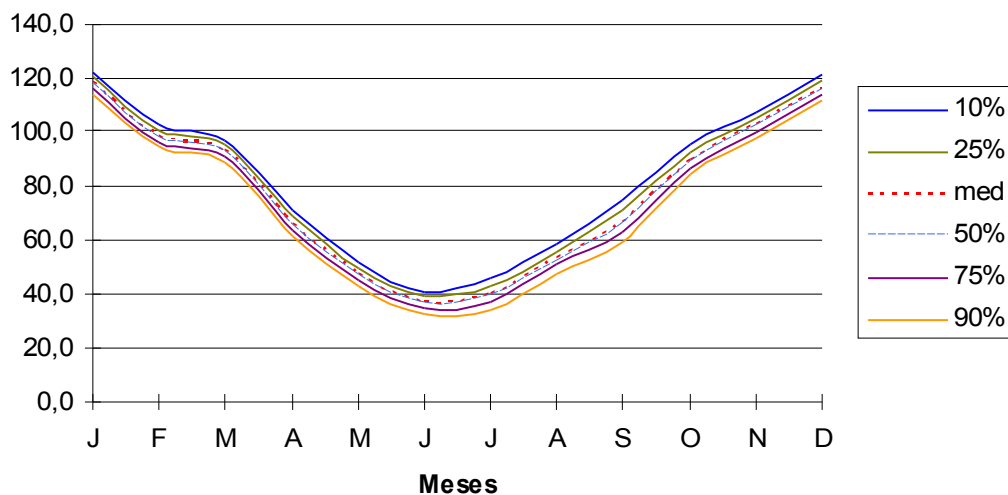


Figura 17A - Gráfico da variação da evapotranspiração potencial com valores calculados em 10%, 25%, 50%, 75% e 90% de probabilidade de ocorrência, e valores da média amostral no Posto 17 (Estação Laranjeiras do Sul).

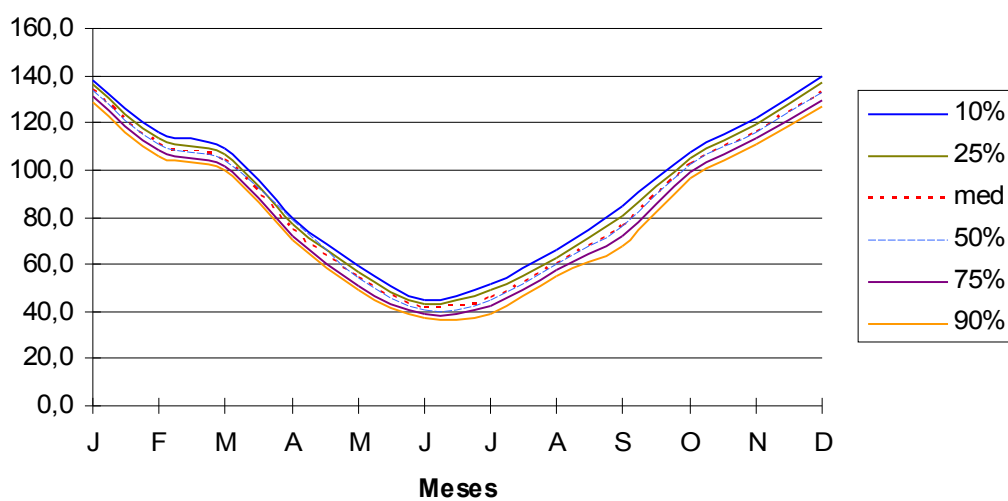


Figura 18A - Gráfico da variação da evapotranspiração potencial com valores calculados em 10%, 25%, 50%, 75% e 90% de probabilidade de ocorrência, e valores da média amostral no Posto 18 (Estação Planalto).

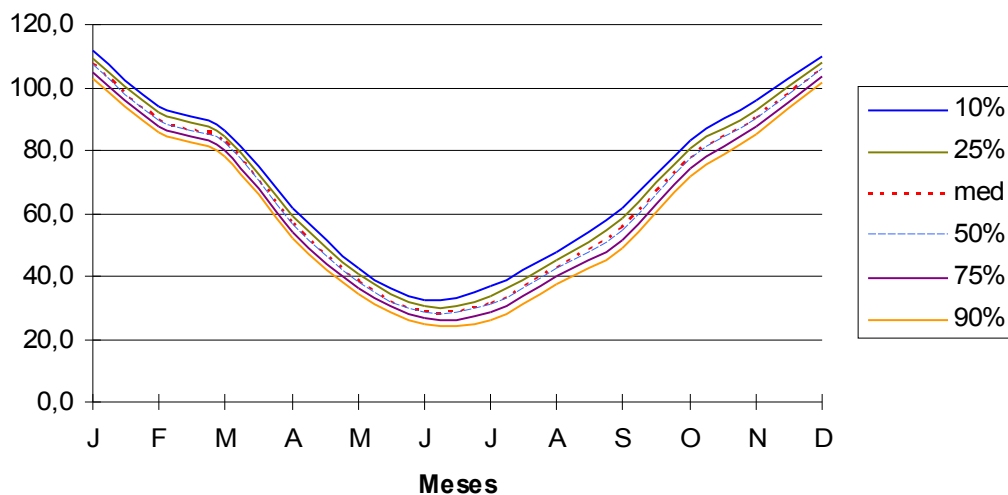


Figura 19A - Gráfico da variação da evapotranspiração potencial com valores calculados em 10%, 25%, 50%, 75% e 90% de probabilidade de ocorrência, e valores da média amostral no Posto 19 (Estação Palmas).

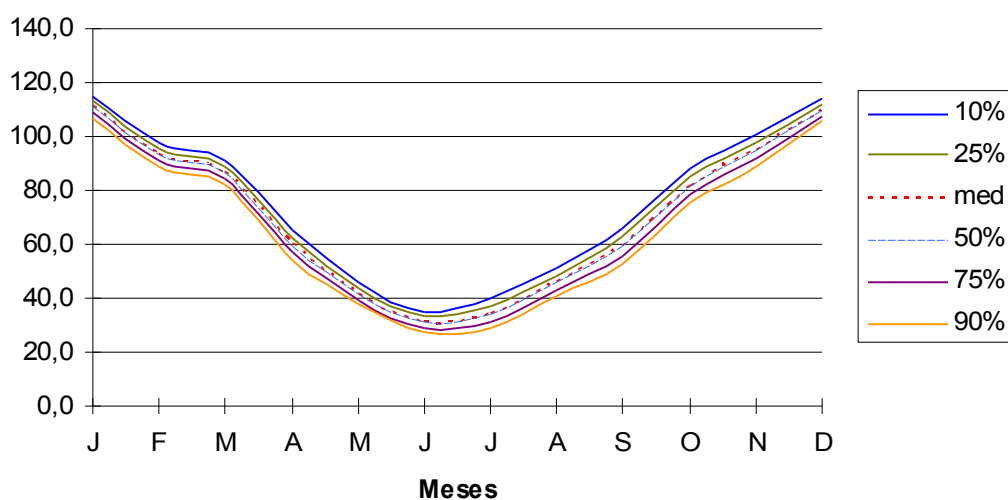


Figura 20A - Gráfico da variação da evapotranspiração potencial com valores calculados em 10%, 25%, 50%, 75% e 90% de probabilidade de ocorrência, e valores da média amostral no Posto 20 (Estação Clevelândia).

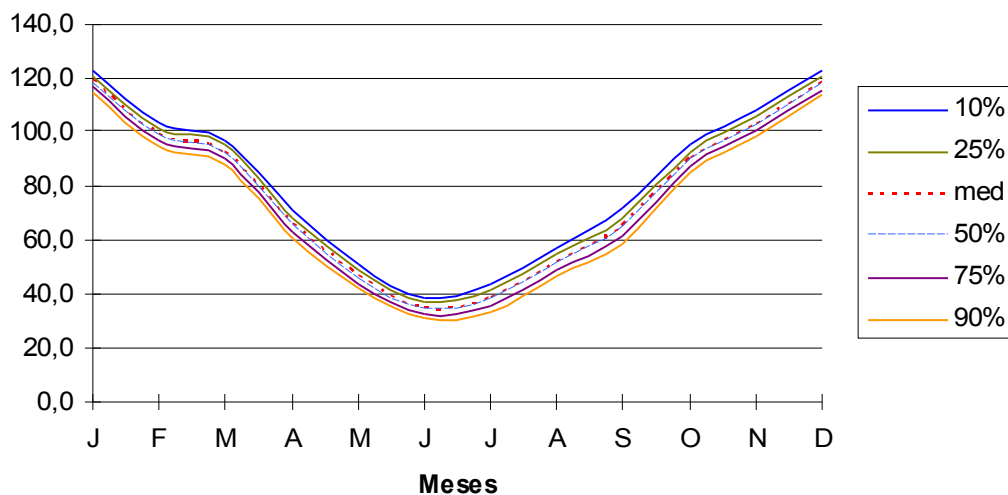


Figura 21A - Gráfico da variação da evapotranspiração potencial com valores calculados em 10%, 25%, 50%, 75% e 90% de probabilidade de ocorrência, e valores da média amostral no Posto 21 (Estação Pato Branco).

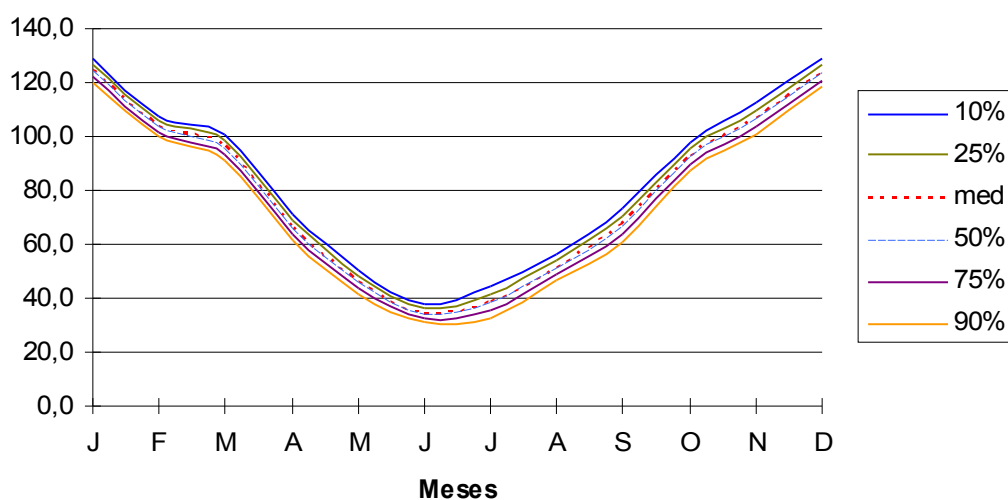


Figura 22A - Gráfico da variação da evapotranspiração potencial com valores calculados em 10%, 25%, 50%, 75% e 90% de probabilidade de ocorrência, e valores da média amostral no Posto 22 (Estação Francisco Beltrão).

ANEXO

ANEXO A – RADIAÇÃO SOLAR

Tabela 1 A – Radiação solar global extraterrestre Q_0 (expressa em mm de evaporação por dia), no 15º. dia do mês correspondente, para o hemisfério Sul

Lat S	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
0	14,5	15,0	15,2	14,7	13,9	13,4	13,5	14,2	14,9	14,9	14,6	14,3
2	14,8	15,2	15,2	14,5	13,6	13,0	13,2	14,0	14,8	15,0	14,8	14,6
4	15,0	15,3	15,1	14,3	13,3	12,7	12,8	13,7	14,7	15,1	15,0	14,9
6	15,3	15,4	15,1	14,1	13,0	12,6	12,5	13,5	14,6	15,1	15,2	15,1
8	15,6	15,6	15,0	14,0	12,7	12,0	12,2	13,2	14,5	15,2	15,4	15,4
10	15,9	15,7	15,0	13,8	12,4	11,6	11,9	13,0	14,4	15,3	15,7	15,7
12	16,1	15,8	14,9	13,5	12,0	11,2	11,5	12,7	14,2	15,3	15,8	16,0
14	16,3	15,8	14,9	13,2	11,6	10,8	11,1	12,4	14,0	15,3	15,9	16,2
16	16,5	15,9	14,8	13,0	11,3	10,4	10,8	12,1	13,8	15,3	16,1	16,4
18	16,7	15,9	14,7	12,7	10,9	10,0	10,4	11,8	13,7	15,3	16,2	16,7
20	16,7	16,0	14,5	12,4	10,6	9,6	10,0	11,5	13,5	15,3	16,2	16,8
22	16,9	16,0	14,3	12,0	10,2	9,1	9,6	11,1	13,1	15,2	16,4	17,0
24	16,9	15,9	14,1	11,7	9,8	8,6	9,1	10,7	13,1	15,1	16,5	17,1
26	17,0	15,9	13,9	11,4	9,4	8,1	8,7	10,4	12,8	15,0	16,5	17,3
28	17,1	15,8	13,7	11,1	9,0	7,8	8,3	10,0	12,6	14,9	16,6	17,5
30	17,2	15,7	13,5	10,8	8,5	7,4	7,8	9,6	12,2	14,7	16,7	17,6

Fonte: PEREIRA et al. (2002)