

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL

DISTRIBUIÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA
PARA A REGIÃO DE LONDRINA, PR

JOÃO PEDRO KAZUO KAMOGARI

2025

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS DE JABOTICABAL

**DISTRIBUIÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA
A REGIÃO DE LONDRINA, PR**

JOÃO PEDRO KAZUO KAMOGARI

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Barcellos Dalri

Coorientador: Prof. Dr. Rogério Teixeira de Faria

Trabalho apresentado à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP, Câmpus de Jaboticabal, para graduação em ENGENHARIA AGRÔNOMICA.

Jaboticabal - SP

2025

K15d

Kamogari, João Pedro Kazuo

Distribuição da evapotranspiração de referência para a região de Londrina, PR / João Pedro Kazuo Kamogari. -- Jaboticabal, 2025
12 p. : il., tabs., mapas

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Agrônômica) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

Orientador: Alexandre Barcellos Dalri

Coorientador: Rogério Teixeira de Faria

1. Estatística. 2. Irrigação. 3. Planejamento agrícola. 4.
Evapotranspiração. I. Título.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus Jaboticabal



JOÃO PEDRO KAZUO KAMOGARI

**DISTRIBUIÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA A REGIÃO
DE LONDRINA, PR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrônômica.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Barcellos Dalri

Coorientador: Prof. Dr. Rogério Teixeira de Faria

Área de Concentração: Recursos Hídricos

Data da defesa: 11/07/2025

☒ Aprovado

☐ Reprovado

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Alexandre Barcellos Dalri

UNESP – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal

Prof. Dr. Luiz Fabiano Palaretti

UNESP – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal

Prof. Santo Oliani Júnior

UNESP – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal

Aprovado em reunião do Conselho do Departamento em:

17 / 07 / 2025 * *ad referendum*

Prof. Dr. Luiz Fabiano Palaretti
Chefe do Departamento

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV), UNESP Câmpus de Jaboticabal, por ter me proporcionado tanto conhecimento, evolução profissional e pessoal por tanto tempo.

Ao grupo PET-AGRO por me fornecerem mais um propósito e sempre me incentivar a ser uma pessoa mais completa e capaz, por todos as amizades formadas, risadas compartilhadas e ensinamentos, com vocês vivi meu sonho universitário.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Alexandre Barcellos Dalri sou grato por todo conhecimento, incentivo na realização deste trabalho e sua tutoria ao grupo PET-AGRO. Aprendi muito na sua presença e suas orientações foram fundamentais para meu crescimento.

Agradeço a minha namorada Evelyn Tavares Ruas por toda ajuda, amor, carinho e companheirismo.

Agradeço a República In-Dependência, que me proporcionou anos de muitas alegrias, experiências, incentivo, crescimento profissional e pessoal. Obrigado pelos bons momentos, risadas e amigos que levarei por toda minha vida!

Agradeço meu coorientador Rogério Teixeira de Freitas pelos dados fornecidos para esse projeto.

A todos, que direta ou indiretamente, contribuíram para a minha formação, aprendizado e realização deste trabalho.

Muito obrigado!

ÍNDICE

1 RESUMO.....	1
2 ABSTRACT.....	2
3 INTRODUÇÃO	2
4 MATERIAL E MÉTODOS	3
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	5
6 CONCLUSÃO	10
7 REFERÊNCIAS.....	11

Trabalho escrito nas normas do periódico Irriga

DISTRIBUIÇÃO DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA PARA A REGIÃO DE LONDRINA, PR

**JOÃO PEDRO KAZUO KAMOGARI¹; ALEXANDRE BARCELLOS DALRI²;
ROGÉRIO TEIXEIRA DE FARIA¹; ANDERSON PRATES COELHO¹; LUIZ
FABIANO PALARETTI¹**

¹*Departamento de Engenharia, FCAV/UNESP, Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n, Jaboticabal, SP, Brasil, CEP: 14884-900, joao.p.kamogari@unesp.br, ORCID (<https://orcid.org/0009-0002-9533-761X>); alexandre.dalri@unesp.br, ORCID (<https://orcid.org/0000-0001-7055-8075>); rogerio.faria@unesp.br, ORCID (<https://orcid.org/0000-0002-5224-5486>); luiiz.f.palaretti@unesp.br, ORCID (<https://orcid.org/0000-0002-1696-7940>); anderson.coelho@unesp.br, ORCID (<https://orcid.org/0000-0003-2472-9704>).*

1 RESUMO

A evapotranspiração de referência (ET_o) é um parâmetro essencial para o planejamento da irrigação, pois reflete a demanda atmosférica por água. Este estudo teve como objetivo analisar a distribuição da ET_o para a região de Londrina, PR, com base em dados históricos de 1987 a 2016. As estimativas de ET_o foram obtidas pelo método de Penman-Monteith e organizadas em períodos acumulados de 5, 10, 15 e 30 dias. Aplicaram-se as distribuições Normal e Gama para modelar a frequência da ET_o acumulada, com verificação por meio do teste de Kolmogorov-Smirnov a 5% de significância. Os melhores ajustes estatísticos foram observados nos períodos de 10, 15 e 30 dias. A sazonalidade foi evidente, com menores valores médios de ET_o no inverno (junho: 2,01 mm dia⁻¹) e maiores na primavera-verão (novembro: 4,56 mm dia⁻¹). A abordagem probabilística demonstrou que percentis como o de 75% são eficazes para indicar cenários de maior demanda hídrica, especialmente nos meses críticos de outubro e novembro. Os resultados reforçam a importância de considerar a variabilidade climática no dimensionamento de sistemas de irrigação, promovendo o uso racional da água na agricultura.

Palavras-chave: Demanda hídrica, Distribuição de probabilidade, Irrigação, Penman-Monteith, Planejamento agrícola.

REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION DISTRIBUTION FOR THE REGION OF LONDRINA, PR

2 ABSTRACT

Reference evapotranspiration (ET_o) is a key parameter for irrigation planning, as it reflects the atmospheric water demand. This study aimed to analyze the distribution of ET_o for the Londrina region, Paraná, based on historical data from 1987 to 2016. ET_o estimates were obtained using the Penman-Monteith method and grouped into accumulated periods of 5, 10, 15, and 30 days. The Normal and Gamma distributions were applied to model the frequency of accumulated ET_o, with adherence tested using the Kolmogorov-Smirnov test at a 5% significance level. The best statistical fits were found for the 10-, 15-, and 30-day periods. A marked seasonal pattern was observed, with lower mean ET_o values in winter (June: 2.01 mm day⁻¹) and higher values in spring and summer (November: 4.56 mm day⁻¹). The probabilistic approach showed that percentiles such as the 75th are effective for indicating scenarios of higher water demand, especially during critical months like October and November. The results highlight the importance of accounting for climate variability in irrigation system design, fostering more efficient water use in agriculture.

Keywords: Irrigation, Water demand, Penman-Monteith, Probability distribution, Agricultural planning.

3 INTRODUÇÃO

A evapotranspiração de referência (ET_o) é essencial para estimar a demanda hídrica das culturas e planejar a irrigação. Sua determinação baseia-se em variáveis meteorológicas como radiação, temperatura, umidade e vento. O método de Penman-Monteith é o mais recomendado por sua precisão e aplicabilidade em diferentes climas (Allen et al., 1998). No Brasil, a ET_o tem sido amplamente utilizada em estudos voltados à eficiência do uso da água na agricultura (Althoff et al., 2020).

A variabilidade temporal da ET_o, influenciada por condições climáticas locais, pode comprometer o planejamento da irrigação quando não considerada adequadamente. Estudos com séries históricas mostram que há flutuações sazonais e interanuais relevantes, mesmo em regiões de clima bem definido (Back, 2007). Análises detalhadas dessa variabilidade são

fundamentais para garantir precisão no dimensionamento hídrico e eficiência no uso da água (Cunha et al., 2024).

Distribuições de probabilidade têm sido empregadas para descrever o comportamento estatístico da ETo, permitindo a estimativa de valores com diferentes níveis de confiabilidade. Modelos como a distribuição Gama demonstram bom ajuste aos dados climatológicos e auxiliam na definição de percentis usados em projetos de irrigação (Gama et al., 2006). Essa abordagem torna o dimensionamento mais seguro diante das incertezas climáticas (Cunha et al., 2024).

O uso de percentis como 75% ou 90% são comuns em projetos que buscam garantir o fornecimento de água mesmo em condições adversas. Essa estratégia permite incorporar critérios de risco hídrico ao planejamento agrícola, ajustando a oferta de água à variabilidade climática local. Assim, é possível reduzir perdas por déficit ou excesso de irrigação, promovendo maior estabilidade produtiva (Cunha et al., 2024).

Na região de Londrina, PR, a atividade agrícola é intensa e dependente de práticas eficientes de irrigação. A variabilidade dos elementos meteorológicos ao longo do ano exige planejamento baseado em dados históricos confiáveis. A análise da ETo nesse contexto permite adequar o manejo da água às condições locais, promovendo sustentabilidade e eficiência no uso dos recursos hídricos (Cunha et al., 2024; Althoff et al., 2020).

Avanços recentes na modelagem da ETo incorporam o uso de dados geoespaciais e inteligência artificial, possibilitando estimativas mais precisas em regiões com limitações de dados meteorológicos. Althoff et al. (2020) demonstraram que dados diários em grade espacial de ETo oferecem maior cobertura e resolução espacial, sendo ferramentas promissoras para aplicação em escalas regionais, inclusive no planejamento de políticas públicas voltadas à irrigação.

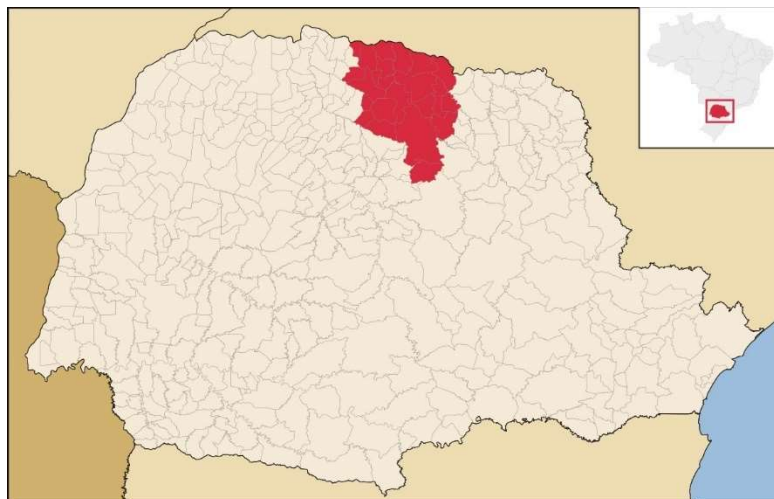
Diante desse contexto, este estudo teve como objetivo analisar a distribuição da evapotranspiração de referência para a região de Londrina, PR, no período de 1987 a 2016. A proposta é fornecer subsídios técnicos que contribuam para o dimensionamento de sistemas de irrigação mais eficientes, considerando a variabilidade climática local e favorecendo o uso racional da água na agricultura regional.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado com base em dados meteorológicos históricos em uma série de 30 anos (1987 a 2016) de uma estação localizada na região de Londrina, norte do Paraná, no

Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná IAPAR-EMATER. A região apresenta clima subtropical úmido com verões quentes, registrando elevada variabilidade interanual e sazonal nos elementos meteorológicos que influenciam diretamente a ETo.

Figura 1. Região da localização da estação Meteorológica.



Fonte: (Polidoro & Neto, 2009).

Os dados incluíram séries diárias de temperatura do ar, radiação solar, umidade relativa, registradas em estação meteorológica convencional/automática que por meio dessas foi calculada a evapotranspiração de referência (ETo) pelo método Penman-Monteith (Allen et al., 1998).

Com os valores diários de ETo, foram criadas séries temporais acumuladas de 5, 10, 15 e 30 dias, correspondendo aos períodos pentadal, decendial, quinzenal e mensal, respectivamente.

Em seguida, foi realizada a análise de distribuição de frequência dos valores acumulados de ETo, considerando probabilidades de excedência de 5%, 10%, 25%, 50%, 75% e 90%, utilizando a distribuição Normal e distribuição Gama, conforme descrito por Naghettini & Pinto (2007), sendo que para distribuição Gama a Equação 1 apresenta a função densidade de probabilidade, a Equação 2 a função Gama e a Equação 3, representa a função de distribuição acumulada.

$$f(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} X^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}} \quad (01)$$

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^x X^{\alpha-1} e^{-x} d(X) \quad (02)$$

$$F(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} \int_0^x X^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}} d(x) \quad (03)$$

Em que: α - parâmetro de forma, adimensional; β - parâmetro de escala, em mm; e - base do logaritmo neperiano; X – evapotranspiração, em mm; e Γ - função Gama.

Os parâmetros alfa (α) e beta (β) da distribuição Gama são fundamentais para descrever o comportamento estatístico da ETo. O parâmetro alfa representa a forma da distribuição, indicando o grau de assimetria e a dispersão dos dados em relação à média. Já o parâmetro beta está relacionado à escala, determinando o alongamento ou compressão da distribuição na horizontal (em mm).

Para testar a aderência das distribuições teóricas aos dados observados, foi aplicado o teste de Kolmogorov-Smirnov (K-S) a 5% de significância, conforme recomendado por Chicheportiche e Bouchaud (2012). O teste avalia a diferença máxima entre as distribuições acumuladas empírica e teórica. Os valores dos parâmetros da distribuição Gama (alfa e beta) e o teste de Kolmogorov-Smirnov foram calculados com o uso do *software* STATISTICA.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise da evapotranspiração de referência (ETo) em Londrina (PR), com base em 30 anos de dados (1987–2016), revelou variações sazonais marcantes. Os menores valores médios ocorreram no inverno (junho: 2,01 mm dia⁻¹) e os maiores na primavera e verão, com pico em novembro (4,56 mm dia⁻¹). O coeficiente de variação variou entre 7,49% e 13,08%, indicando baixa a moderada variabilidade e boa confiabilidade dos dados para fins de irrigação.

Valores mais altos de alfa indicam distribuições mais simétricas e concentradas, enquanto valores mais baixos de beta refletem maior variabilidade nos dados.

Tabela 1. Parâmetros estatísticos mensais da evapotranspiração de Londrina-PR, no período entre 1987 e 2016.

Mês	$\bar{x}$	Med	s	Máxima	Mínima	α	β	CV
	----- mm/dia -----							%
Janeiro	4,271	4,317	0,383	4,758	3,374	122,473	0,035	8,96
Fevereiro	4,146	3,980	0,396	5,005	3,587	117,301	0,035	9,55
Março	3,904	3,868	0,335	4,510	3,265	139,617	0,028	8,59
Abril	3,246	3,190	0,307	3,944	2,698	119,037	0,027	9,44
Maio	2,312	2,305	0,203	2,722	1,864	132,351	0,017	8,78
Junho	2,010	1,984	0,221	2,413	1,626	85,580	0,023	10,98
Julho	2,252	2,230	0,194	2,732	1,764	137,695	0,016	8,60
Agosto	3,017	3,026	0,329	3,744	2,483	87,517	0,034	10,90
Setembro	3,505	3,541	0,458	4,503	2,704	61,957	0,057	13,08
Outubro	4,093	4,072	0,376	4,929	3,441	123,497	0,033	9,20
Novembro	4,564	4,586	0,354	5,174	3,570	161,892	0,028	7,75
Dezembro	4,523	4,522	0,339	5,284	3,691	182,456	0,025	7,49

Média ($\bar{x}$), mediana (Med), desvio-padrão (s), coeficiente de variação (CV).

A modelagem estatística foi feita com as distribuições Normal e Gama, avaliadas pelo teste de Kolmogorov-Smirnov (5% de significância). O teste foi aplicado às respectivas distribuições para verificar se elas se ajustavam aos dados de evapotranspiração. Observa-se na Tabela 2 que os melhores ajustes foram observados para os períodos acumulados de 10, 15 e 30 dias, para ambas as distribuições, permitindo a estimativa da ETo com diferentes probabilidades, o que é essencial para o dimensionamento de sistemas de irrigação com base em risco.

As maiores ETo diárias foram registradas entre outubro e dezembro, alcançando até 6,95 mm dia⁻¹, enquanto os menores valores ocorreram entre maio e julho, com destaque para junho

(0,74 mm dia⁻¹). Essa amplitude evidencia a marcada sazonalidade climática da região e reforça a necessidade de considerar a variação intra-anual no planejamento hídrico.

Tabela 2. Valores do parâmetro de Kolmogorov-Smirnov.

Mês	Intervalos (dias)									
	1		5		10		15		30	
	Normal	Gama	Normal	Gama	Normal	Gama	Normal	Gama	Normal	Gama
Jan	0,057	0,068	0,047*	0,071*	0,071*	0,090*	0,070*	0,085*	0,140*	0,147*
Fev	0,056	0,072	0,042*	0,056*	0,058*	0,065*	0,072*	0,071*	0,182*	0,179*
Mar	0,080	0,106	0,057*	0,06*	0,106*	0,100*	0,095*	0,081*	0,080*	0,081*
Abr	0,076	0,111	0,054*	0,053*	0,075*	0,069*	0,112*	0,107*	0,151*	0,137*
Mai	0,048	0,082	0,039*	0,056*	0,05*	0,066*	0,062*	0,075*	0,108*	0,106*
Jun	0,061	0,093	0,053*	0,062*	0,056*	0,075*	0,054*	0,052*	0,090*	0,104*
Jul	0,038*	0,077	0,026*	0,046*	0,056*	0,066*	0,081*	0,075*	0,121*	0,125*
Ago	0,037*	0,077	0,045*	0,061*	0,046*	0,047*	0,057*	0,072*	0,071*	0,076*
Set	0,088	0,122	0,045*	0,045*	0,042*	0,048*	0,102*	0,09*	0,111*	0,105*
Out	0,102	0,134	0,050*	0,058*	0,052*	0,049*	0,107*	0,102*	0,075*	0,081*
Nov	0,093	0,116	0,036*	0,058*	0,082*	0,092*	0,085*	0,096*	0,151*	0,154*
Dez	0,073	0,097	0,044*	0,041*	0,068*	0,054*	0,052*	0,061*	0,105*	0,113*

*Significativo a 5%

Considerando o intervalo de 15 dias, os maiores valores de ETo com 75% de probabilidade foram observados em outubro e novembro, meses de maior demanda hídrica, fundamentais para o planejamento de irrigação suplementar. Por outro lado, os menores valores

estimados com a mesma probabilidade ocorreram em junho e julho, períodos em que a necessidade de irrigação tende a ser reduzida, permitindo economia no uso da água.

A adoção de probabilidades intermediárias, como 75%, é recomendada para garantir maior segurança no fornecimento hídrico às culturas, reduzindo o risco de déficits e evitando o superdimensionamento dos sistemas. Os resultados reforçam a relevância da análise probabilística na estimativa da ETo, pois além da média histórica, é essencial considerar a variabilidade e a frequência de ocorrência para embasar decisões técnicas mais precisas.

Os valores diários prováveis de ETo para Londrina, associados às probabilidades de 5, 10, 25, 50, 75, 90, 95 e 99%, estão apresentados nas Figuras 2 e 3, para as distribuições Normal e Gama, respectivamente. Observa-se, por exemplo, que para novembro e dezembro, a probabilidade de 90% indica que há apenas 10% de chance de a ETo ser superior a 6,4 mm dia⁻¹, segundo a distribuição Normal. As curvas ilustram a variação mensal da ETo diária ao longo do ano, destacando os diferentes níveis de probabilidade, desde 5% (altamente provável de serem superados) até 99% (pouco provável de serem superados), evidenciando o comportamento sazonal e auxiliando no dimensionamento de sistemas de irrigação.

Figura. 2. Distribuição da evapotranspiração diária provável para o município de Londrina, PR, em diferentes níveis de probabilidade segundo a função de distribuição Normal, série histórica de 1987 a 2016.

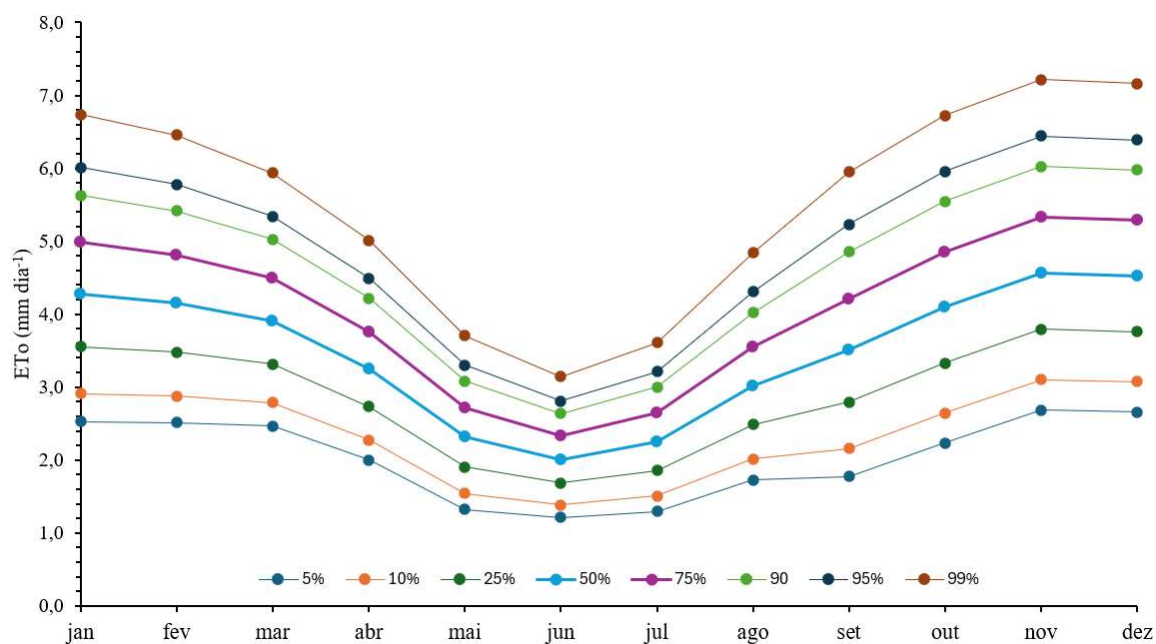
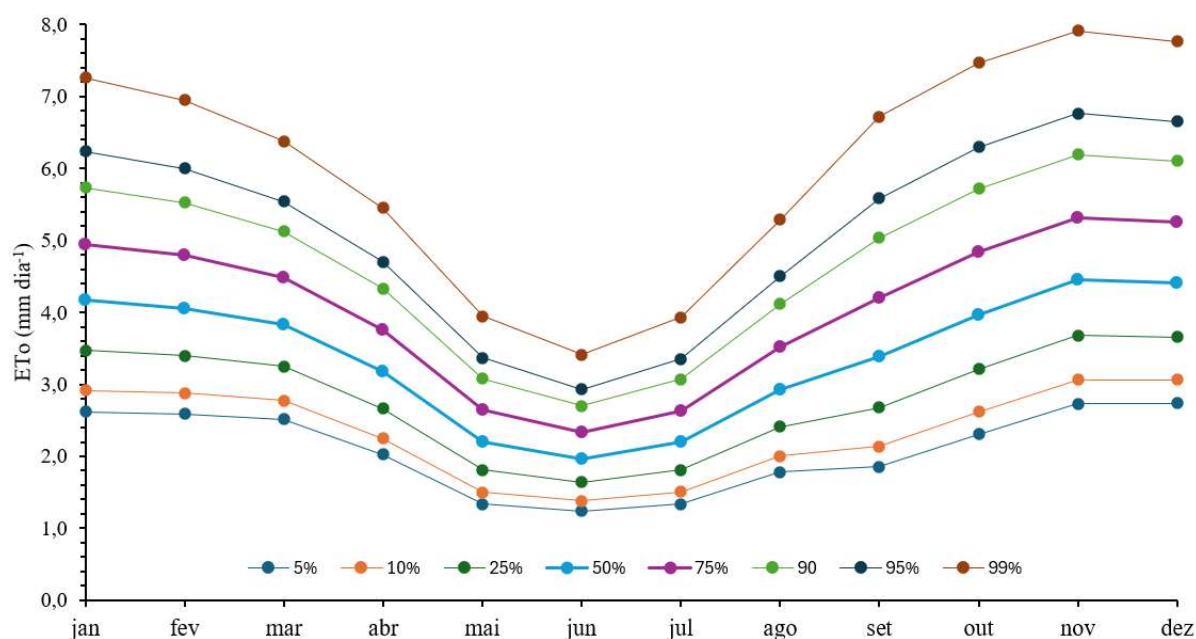


Figura. 3. Distribuição da evapotranspiração diária provável para o município de Londrina, PR, em diferentes níveis de probabilidade segundo a função de distribuição Gama, série histórica de 1987 a 2016.



Probabilidade de 50% (mediana) representa a ETo diária que tem 50% de chance de ser superada em cada mês. É uma medida robusta da tendência central dos dados e costuma ser utilizada no dimensionamento de sistemas de irrigação como valor de referência médio. Observa-se que os valores médios de ETo variam de cerca de 2 mm dia⁻¹ em junho e julho (mínimo anual) até cerca de 4,5 mm por dia em dezembro (máximo anual). Esse padrão reflete a sazonalidade climática típica da região sul do Brasil, com menores demandas evaporativas no inverno e maiores no verão.

A probabilidade de 75% indica o valor que tem 75% de chance de ser superado, ou seja, é um valor mais conservador, útil para projetos que exigem maior segurança hídrica, como o fornecimento contínuo em culturas sensíveis ao déficit hídrico. Essa curva apresenta valores mais altos que a de 50%, atingindo cerca de 5,5 mm dia⁻¹ nos meses de pico (dezembro/janeiro) e cerca de 3 mm por dia nos meses de menor demanda (junho/julho). Seu uso implica em uma superestimativa moderada da demanda hídrica, minimizando o risco de subdimensionamento dos sistemas de irrigação.

Ao comparar os resultados obtidos para Londrina (PR) com o estudo desenvolvido em Petrolina (PE) pela UNESP/Tupã, observa-se que as diferenças encontradas refletem, sobretudo, as distintas condições climáticas entre as regiões. Em Londrina, os valores médios diários de ETo variaram de 2,01 mm dia⁻¹ em junho a 4,56 mm dia⁻¹ em novembro, caracterizando um clima subtropical úmido, com menor demanda evaporativa nos meses frios (Da Silva et al., 2015).

Ambos os trabalhos utilizaram as distribuições Normal e Gama para modelar a frequência de ocorrência da ETo, mostrando boa aderência, especialmente nos períodos acumulados de 10, 15 e 30 dias. Em Londrina, os coeficientes de variação (CV) variaram entre 7,49% e 13,08%, indicando menor variabilidade intra-anual. Já em Petrolina, os valores de CV foram mais elevados, entre 13% e 22%, refletindo maior instabilidade nas condições meteorológicas (Da Silva et al., 2015).

A adoção do percentil de 75% como critério para estimativa da ETo foi recomendada nos dois estudos. No caso de Londrina, a escolha desse percentil oferece maior segurança hídrica, sem necessidade de superdimensionamento, considerando o regime de chuvas mais favorável. Em Petrolina, por outro lado, o uso de percentis mais conservadores é essencial para minimizar riscos de déficit hídrico e garantir a eficiência do sistema de irrigação (Da Silva et al., 2015).

Assim, a análise conjunta reforça a importância de regionalizar os estudos de ETo, mesmo utilizando metodologias similares. Esse cuidado possibilita adequar o manejo hídrico às particularidades locais, assegurando maior eficiência no uso da água e sustentabilidade no contexto agrícola.

6 CONCLUSÃO

A análise da evapotranspiração de referência (ETo) para Londrina (PR) revelou uma amplitude de 2,55 mm entre o pleno inverno (junho) e o pleno verão (novembro), destacando a importância de considerar essa variação no manejo da irrigação.

As distribuições Normal e Gama ajustaram-se bem aos dados acumulados, especialmente nos períodos de 10, 15 e 30 dias, permitindo estimativas confiáveis da ETo com diferentes níveis de probabilidade.

O valor indicado com probabilidade de 75% pela distribuição normal é de 5,3 mm para o mês de novembro (mês com maior ETo).

7 REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. Rome: FAO, 1998. Doi: <https://www.fao.org/4/x0490e/x0490e00.htm>

ALTHOFF, Daniel et al. ETo-Brazil: a daily gridded reference evapotranspiration data set for Brazil (2000–2018). Water Resources Research, v. 56, n. 7, p. e2020WR027562, 2020. Doi: <https://doi.org/10.1029/2020WR027562>

BACK, A. J. Variação da evapotranspiração de referência calculada em diferentes intervalos de tempo. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 2007. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-69162007000100007>

CUNHA, F. N.; CUNHA, G. N.; TEIXEIRA, M. B.; LORA, J.; SILVA, N. F.; CAVALCANTE, W. S. S. Avaliação da funcionalidade e rendimento de gotejadores irrigando com água enriquecida com macro e micronutrientes. Irriga, v. 29, p. 1-13, 2024. Doi: <https://doi.org/10.15809/irriga.2024v29p1-13>

DA SILVA, A. O. et al. Evapotranspiração de referência para dimensionamento de sistemas de irrigação em Petrolina, PE. Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas, v. 9, n. 1, p. 30-38, 2015. Doi: <https://doi.org/10.18011/bioeng2015v9n1p30-38>

DIAS, Santos Henrique Brant et al. Reference evapotranspiration of Brazil modeled with machine learning techniques and remote sensing. Plos one, v. 16, n. 2, p. e0245834, 2021. Doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0245834>

GAMA, C. U.; PEREIRA, A. R.; SEDIYAMA, G. C.; SEDIYAMA, M. E. Estudo da distribuição de frequência da evapotranspiração de referência para a cidade de Iguatu–CE. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 10, n. 1, p. 120–125, 2006. Doi: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v2n3p284-286>

MARTINS, Juliano Araújo et al. Probabilidade de precipitação para a microregião de Tangará da Serra, estado do Mato Grosso. Pesquisa Agropecuária Tropical, p. 291-296, 2010. Doi: <https://revistas.ufg.br/pat/article/view/6365>

POLIDORO, Maurício; NETO, Osvaldo Coelho Pereira. Análise da evolução da mancha urbana em Londrina-PR através das técnicas de sensoriamento remoto. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, p. 25-30, 2009. Doi: <https://www.researchgate.net/publication/228460263>

RODRIGUES, Italo Sampaio et al. Connectivity of evapotranspiration processes in a Brazilian dryland reservoir using remote sensing. Agricultural and Forest Meteorology, v. 351, p. 110017, 2024. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2024.110017>

RUIZ-ORTEGA, F. Javier et al. An evolutionary parsimonious approach to estimate daily reference evapotranspiration. Scientific Reports, v. 14, n. 1, p. 6736, 2024. Doi: <https://doi.org/10.1038/s41598-024-56770-3>

SPONTONI, Thiago A. et al. Evaluation and modelling of reference evapotranspiration using different machine learning techniques for a brazilian tropical savanna. Agronomy, v. 13, n. 8, p. 2056, 2023. Doi: <https://doi.org/10.3390/agronomy13082056>