

ANÁLISE DE TRILHA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO REAL (ETR) NO MUNICÍPIO DE FLORÂNIA-RN

Eduarda Dantas Medeiros
Eryka E. M. Brilhante
Stefeson Bezerra de Melo

Resumo: A evapotranspiração pode ser definida como um processo simultâneo e dinâmico de mudança do estado físico da água pela evaporação no solo e pela transpiração das plantas. Florânia é um município no estado do Rio Grande do Norte (Brasil), localizado na mesorregião Central Potiguar e microrregião da Serra de Santana, sendo a caatinga o principal bioma da região, é afetado por períodos longos de estiagem e secas extremas, com isso a vegetação sofreu uma adaptação caindo as folhas durante o período de estiagem. O clima semiárido tem baixa umidade e pouco volume pluviométrico, nesse contexto a análise de trilha baseia-se no estudo dos efeitos diretos e indiretos das variáveis explicativas sobre uma variável básica, em que avaliações são adquiridas através de equações de regressão, em que as variáveis são previamente padronizadas. Desse modo, o trabalho tem por objetivo analisar os efeitos diretos e indiretos de variáveis climáticas sobre a evapotranspiração real no município de Florânia-RN de uma série normal climatológica de trinta anos. A variável com maior efeito direto absoluto sobre a ETR foi a precipitação total (0,53), seguida da umidade relativa (0,42) e velocidade do vento (-0,09), demonstrando que essas variáveis são as maiores responsáveis pela Evapotranspiração Real.

Palavras-chave: evaporação; agrometeorologia; processos climáticos

Data de submissão: 22/05/2021

Data de aprovação: 27/05/2021

1 INTRODUÇÃO

O processo físico no qual um líquido passa ao estado gasoso é chamado de evaporação, e isso pode ser devido à radiação solar e aos processos de difusão molecular e turbulenta. Além da radiação solar, variáveis como a temperatura do ar, a velocidade do vento e insolação, também interferem na evaporação. Portanto, a evapotranspiração pode ser definida como um processo simultâneo e dinâmico de mudança do estado físico da água pela evaporação no solo e pela transpiração das plantas (ALENCAR, 2011).

A evapotranspiração é importante para o balanço hídrico de uma bacia e principalmente, para o balanço hídrico agrícola, que poderá envolver o cálculo da necessidade de irrigação. As pesquisas voltadas para a evapotranspiração real (ETR), são importantes no planejamento da gestão de bacias hidrográficas, além de serem amplamente necessárias para as modelagens meteorológica e hidrológica, bem como diante do manejo da agricultura irrigada, principalmente no que diz respeito ao aspecto hídrico (BEZERRA; SILVA; FERREIRA, 2008).

Francisco e Santos (2017), demonstraram que as estimativas de ETo mensais para o Estado da Paraíba apresentam dependência da localização geográfica, sobretudo da topográfica local, assim como Souza e colegas (2017) ao comparar métodos alternativos com métodos padrão de evapotranspiração de referência, indicaram que para diferentes regiões os métodos alternativos devem ser testados individualmente.

Os processos climáticos do Nordeste brasileiro são complexos e associados ao comportamento de vários sistemas de circulação atmosférica, dentre os mais atuantes são os

sistemas frontais (KOUSKY, 1979), a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) (UVO, 1989), os Vórtices Ciclônicos de Ar Superior (KOUSKY; GAN, 1981) e os Distúrbios de Leste (ESPINOZA, 1996), como também os fatores orográficos, de maritimidade e continentalidade, resultando em uma grande variabilidade espacial e temporal das variáveis meteorológicas, como a precipitação, temperatura, umidade relativa e regime hidrológico, e em especial no Estado do Rio Grande do Norte.

Nesse contexto, Florânia é um município do Estado do Rio Grande do Norte (Brasil), localizado na mesorregião Central Potiguar e microrregião da Serra de Santana. Com limite dos municípios de São Vicente, Cruzeta, Tenente Laurentino Cruz, Santana dos Matos, Jucurutu e Caicó, abrangendo uma área de 507,9 km². Segundo o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), no ano de 2010 sua população era estimada em 8.959 habitantes, se estende por 507,9 km² e densidade demográfica de 17,7 km².

Dessa forma um estudo que permita analisar a situação dos últimos 30 anos em relação à evaporação e transpiração das plantas é relevante para planejar, diagnosticar e prever os riscos futuros para a administração dos recursos hídricos.

Para isso, a análise de trilha baseia-se no estudo dos efeitos diretos e indiretos das variáveis explicativas sobre uma variável básica, em que avaliações são adquiridas através de equações de regressão, em que as variáveis são previamente padronizadas. Pode-se mencionar o estudo das correlações entre variáveis que é aplicável em praticamente todos os campos de pesquisa. Entretanto, a correlação simples permite apenas avaliar a magnitude e o sentido da associação entre duas variáveis, mas não oferece as informações necessárias sobre os efeitos diretos e indiretos de um grupo de variáveis independentes em relação a uma variável dependente (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2004).

Desse modo, o trabalho tem por objetivo analisar os efeitos diretos e indiretos de variáveis climáticas sobre a evapotranspiração real no município de Florânia-RN de uma série normal climatológica de trinta anos.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para essa pesquisa foi selecionada a cidade de Florânia que está localizada a 325 metros de altitude, com as seguintes coordenadas geográficas: latitude: 6° 7' 24" Sul, longitude: 36° 49' 11" Oeste. O bioma da região é a caatinga, é afetado por períodos longos de estiagem e secas extremas, com isso a vegetação sofreu uma adaptação caindo as folhas durante o período de estiagem. O clima semiárido tem baixa umidade e pouco volume pluviométrico, os períodos de chuvas entre fevereiro a maio, coincidindo do verão e todo o outono. Com temperatura média de 26,6 °C, mínima de 21,0 °C e máxima de 33,0 °C (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2016).

O presente estudo utilizou uma análise de trilha para quantificar e observar os efeitos diretos e indiretos das variáveis Precipitação total (mm), UR - Umidade Relativa (%), Velvent - Velocidade do vento (km/h), Ins - insolação (hrs), Tmed - Temperatura Média e Tmax - Temperatura máxima sobre a ETR - Evapotranspiração Real (mm) utilizando as médias de trinta anos (normal climatológica) de 1989 a 2018 da estação meteorológica convencional do BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa do município de Florânia (Figura 1) do Estado do Rio Grande do Norte.

Figura 1 – Localização do Município de Florânia no Rio Grande do Norte



Fonte: Wikipédia (2021).

Foram estimados os coeficientes de correlação de Pearson entre os caracteres, cuja significância foi avaliada pelo teste t de Student, a 1% de probabilidade. Aplicou-se o teste de Lilliefors para verificar a aderência dos dados à distribuição normal. Logo após, procedeu-se a análise de trilha considerando a ETR como variável dependente com todas as variáveis, divididas em duas cadeias, primária e secundária.

Primeiro, foram estabelecidas, seguindo um conhecimento prévio das variáveis, as hipóteses de relações de causa e efeito entre as variáveis que darão origem aos coeficientes de trilha. Após essa pré-definição foi aplicado o método da correlação parcial nas variáveis envolvidas no modelo com o objetivo de verificar a consistência dessa formulação de causas e efeitos.

De acordo com esse critério, se a diferença entre r_{ij} (correlação linear simples entre as variáveis X_i e X_j) e $r_{ij,k}$ (correlação parcial linear entre X_i e X_j , controlando para X_k) é alta, então pode ser aceite que X_k participa da trilha causal entre X_i e X_j (GOLDSMITH, 1977). Essa diferença é escrita da seguinte forma:

$$|r_{ij} - r_{ij,k}| = \Delta_{ij} \quad (1)$$

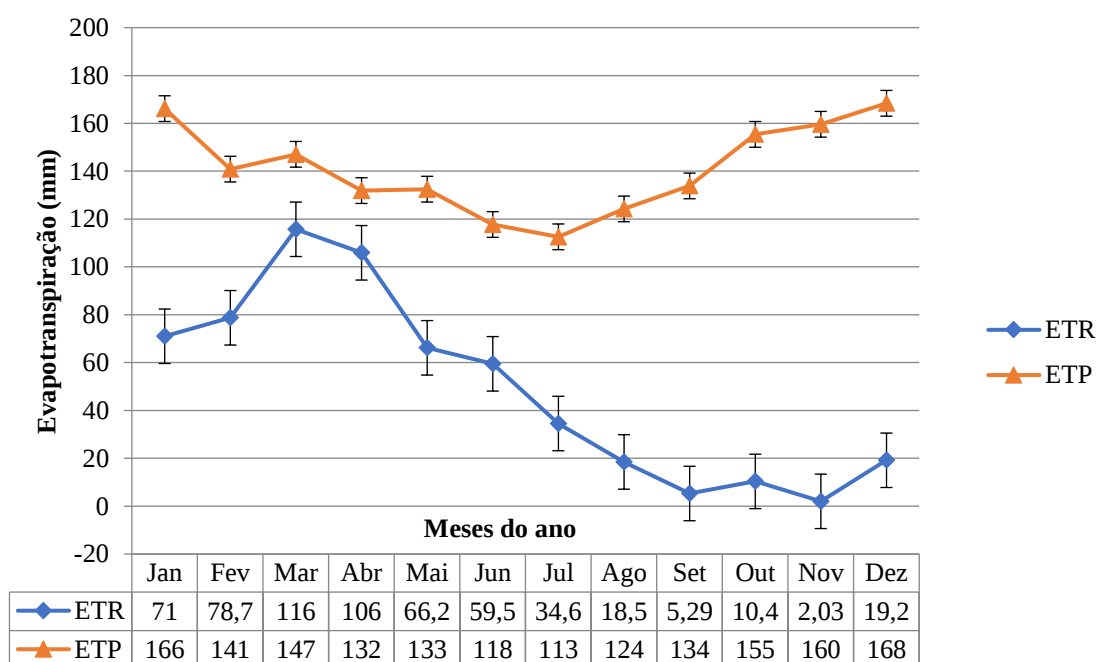
A interpretação dos efeitos dos coeficientes de trilha foi feita a partir dos coeficientes de correlação de Pearson (r), conforme (LÚCIO et al, 2013): quando o r e o efeito direto foram semelhantes em magnitude e sinal, a correlação explicou bem a associação entre as variáveis; se o r foi positivo e o efeito direto, próximo a zero ou negativo, a correlação foi ocasionada pelos efeitos indiretos; quando o r esteve próximo a zero e o efeito direto foi positivo e alto, os efeitos indiretos foram considerados os responsáveis pela falta de correlação; e se o r foi negativo e o efeito direto foi positivo e alto, ignoraram-se os efeitos indiretos e consideraram-se apenas os diretos.

Foram utilizados o programa Microsoft Excel® 365 para tabular os dados e confeccionar o gráfico, e o programa GENES (CRUZ, 2006) para realização da análise de trilha.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na figura 2 observa-se a evolução anual média da ETP – Evapotranspiração potencial (mm) e da ETR – Evapotranspiração Real (mm). Nota-se que a ETP durante todo o ano possui moderada variação (113 a 168 mm) em comparação com a ETR (2,03 a 116 mm), o que evidencia a ocorrência de altas temperaturas durante todo o ano, enquanto a ETR está diretamente ligada ao período chuvoso que na região é de fevereiro a abril.

Figura 2 – Evolução média mensal da ETP – Evapotranspiração potencial (mm) e da ETR – Evapotranspiração Real (mm) do município de Florânia-RN de 1989 a 2018



Fonte: Autoria própria (2021).

Por essa razão resolveu-se separar as variáveis em dois grupos primário e secundário. As variáveis Prectot – precipitação total (mm), UR – Umidade Relativa (%), Velvent – Velocidade do vento (km/h), para a cadeia primária e as variáveis Ins – insolação (hrs), Tmed – Temperatura Média e Tmax – Temperatura máxima na cadeia secundária.

Na tabela 1 se configura a análise de trilha realizada para o município de Florânia-RN, com R^2 de 0,97 e resíduo de 0,17 para cadeia primária e R^2 de 0,76 com resíduo de 0,49 para a cadeia secundária. Assim a cadeia secundária se mostrou menos relevante que a primária, por outro lado, o modelo explicativo adotado expressou a relação de causa e efeito entre as variáveis primárias (PrecTot e UR) e a ETR, conforme relata (NOGUEIRA et al, 2012).

A variável com maior efeito direto absoluto sobre a ETR foi a precipitação total (0,53), seguida da umidade relativa (0,42) na cadeia principal, porém o mesmo não foi identificado para a velocidade do vento (-0,09). Isso demonstra que essas variáveis (PrecTot e UR) são as maiores responsáveis pela Evapotranspiração Real. Já a Velvent se mostrou com alto valor de correlação (r), porém isso se deveu aos efeitos indiretos advindos das variáveis PrecTot e UR.

Ainda em relação aos efeitos indiretos, a precipitação total se destacou seguida da umidade relativa.

Tabela 1 – Valores da correlação (r) da análise de trilha da ETR para o município de Florânia-RN divididas em cadeia primária e secundária de 1989 a 2018.

Cadeia Primária		Cadeia Secundária	
Variável PrecTot		Variável Ins	
Efeito direto sobre ETR	0,530	Efeito direto sobre ETR	-0,003
Efeito indireto via UR	0,360	Efeito indireto via Tmed	0,759
Efeito indireto via VelVent	0,071	Efeito indireto via Tmax	-1,586
Total (r)	0,96	Total (r)	-0,83
Variável UR		Variável Tmed	
Efeito direto sobre ETR	0,420	Efeito direto sobre ETR	2,450
Efeito indireto via PrecTot	0,450	Efeito indireto via Ins	-0,001
Efeito indireto via VelVent	0,060	Efeito indireto via Tmax	-2,598
Total (r)	0,93	Total (r)	-0,15
Variável VelVent		Variável Tmax	
Efeito direto sobre ETR	-0,090	Efeito direto sobre ETR	-2,730
Efeito indireto via PrecTot	-0,430	Efeito indireto via Ins	-0,002
Efeito indireto via UR	-0,280	Efeito indireto via Tmed	2,320
Total (r)	-0,80	Total (r)	-0,41
R ²	0,97	R ²	0,76
Efeito residual	0,17	Efeito residual	0,49

Fonte: Autoria própria (2021).

Ao analisar a cadeia secundária para a variável insolação observa-se que o alto valor negativo de r se deve aos efeitos indiretos das temperaturas máxima e média, e que não há efeito direto relevante sobre a ETR. E isso se estende para toda a análise.

No que se refere às temperaturas máxima e média apesar de efeitos diretos absolutos altos, são muito influenciados por efeitos indiretos, indicando forte codependência entre eles, o que pode indicar que a radiação solar global para está mais adequadamente associados a ETR, e que estudos mais específicos em quanto a radiação solar sejam necessários para elucidar com mais clareza esse aspecto.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A precipitação total e umidade relativa são os elementos meteorológicos que mais influenciam a evapotranspiração real diretamente, e as temperaturas média e máxima atuam principalmente de forma indireta.

A análise de trilha se mostrou eficaz para realização de estudos sobre os efeitos diretos e indiretos da evapotranspiração real em Florânia-RN.

Dessa forma, para a melhor compreensão de como as variáveis de temperatura máxima e temperatura média estão relacionadas com a evapotranspiração, seria interessante a realização de um estudo mais específico em relação a radiação solar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALENCAR, L. P. de; SEDIYAMA, G. C.; WANDERLEY, H. S.; ALMEIDA, T. S.; DELGADO, R. C. Avaliação de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência para três localidades no Norte de Minas Gerais. **Engenharia na agricultura**, Viçosa - MG, v.19, n.5, p. 437 – 449, set./out. 2011. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/13912/1/260-1386-1-PB.pdf>. Acesso em: 18 maio 2021.

BEZERRA, B. G.; SILVA, B. B.; FERREIRA, N. J. Estimativa da evapotranspiração real diária utilizando-se imagens digitais TM -Landsat 5. **Revista Brasileira De Meteorologia**, São José dos Campos – SP, v. 23, n. 3, p. 305 - 317, 2008.

CRUZ, C.D. **Programa genes**: biometria. Viçosa: UFV, 2006. 382p

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 2004. v. 2. 480p.

ESPINOZA, E. S. **Distúrbios nos ventos de leste no Atlântico tropical**. 1996. Dissertação (Mestrado em Meteorologia). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, SP, 1996.

FRANCISCO, P. R. M.; SANTOS, D. **Climatologia do Estado da Paraíba**. Campina Grande: EDUEFCG, 2017. Disponível em: <https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/573985/2/Climatologia%20do%20Estado%20da%20Paraiba.pdf>. Acesso em: 18 maio 2021.

GOLDSMITH, J. R. Paths of association in epidemiological analysis: application of a confounding factor, since no statistical test or procedure to health effects of environmental exposures. **International Journal of Epidemiology**, Oxford, v. 6, n. 4, p. 391-399, 1977.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Site Institucional. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 26 ago. de 2016.

KOUSKY, V. E. Frontal influences on northeast Brazil. **Monthly weather review** v. 107, n. 9, p. 1140-1153, 1979. Disponível em: https://journals.ametsoc.org/view/journals/mwre/107/9/1520-0493_1979_107_1140_fionb_2_0_co_2.xml?tab_body=pdf. Acesso em: 18 maio 2021.

KOUSKY, V. E.; GAN, M. A. Upper tropospheric cyclones vórtices in the tropical South Atlantic. **Tellus**, v. 33, n. 6, p. 538-551, 1981. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.3402/tellusa.v33i6.10775?needAccess=true>. Acesso em: 18 maio 2021.

LÚCIO, A.D.C.; STORCK, L.; KRAUSE, W.; GONÇALVES, R.Q.; NIED, A.H. Relações entre os caracteres de maracujazeiro-azedo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 2, fev. 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782013000200006>. Acesso em: 18 maio 2021.

MAGNUSSON, P., NETZ, J., WÄSTLUND, E. Exploring holistic intuitive idea screening in the light of formal criteria. **Technovation**, v. 34, n. 5/6, maio/jun. p. 315-326, 2014.

NOGUEIRA, A, P, O; SEDIYAMA, T; SOUSA, L, B de; HAMAWAKI, O, T; CRUZ, C, D; PEREIRA, D, G; MATSUO, E; Análise de trilha e correlações entre caracteres em soja cultivada em duas épocas de semeadura. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 28, n. 6, p. 877-888, nov./dez. 2012. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/14576/11096>. Acesso em: 18 maio 2021.

SOUZA, J. L. M.; JERSZURKI, D.; SCHAFER, R. GURSKI, B.C. SCHAFER, H. Balanço Hídrico Climatológico: Precipitação e Evapotranspiração de referência estimadas com metodologia alternativa. **Revista brasileira de climatologia**, n. 20, p. 284-298, 2017.

UVO, C. R. B. **A zona de convergência intertropical (ZCIT) e sua relação com a precipitação na região norte e nordeste brasileiro**. 1989. Dissertação (Mestrado em Meteorologia). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, SP, 1989. Disponível em: https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/INPE_1305aca12f4588e659993c1741f960b9. Acesso em: 18 maio 2021,

WIKIPÉDIA: a enciclopédia livre. **Florânia** Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Flor%C3%A2nia> Acesso em: 8 abr. 2021.