Revista Brasileira de Climatologia
ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

TENDÊNCIA CLIMATOLÓGICA NOS ELEMENTOS METEOROLÓGICOS E NA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA DE URUSSANGA-SC

DENSKI, Ana Paula Nola – anadenski@gmail.com
Engenheira Ambiental – Universidade do Extremo Sul Catarinense (Unesc)

BACK, Álvaro José – ajb@unesc.net
Professor – Universidade do Extremo Sul Catarinense (Unesc) / Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri)

RESUMO: A evapotranspiração de referência (ET_0) é um processo mundialmente estudado por ser um importante parâmetro utilizado em estudos meteorológicos, climatológicos e hidrológicos. Nestes estudos os cálculos de evapotranspiração são realizados com base nas séries climatológicas de longo período e sua aplicação supõe que estas séries não apresentem tendências. Com o aquecimento global e as modificações climáticas alguns estudos tem demostrado tendência de aumento ou de redução na evapotranspiração nas últimas décadas. O presente estudo tem por objetivo avaliar se há tendências nas séries climatológicas usadas na estimativa da evapotranspiração bem como nas estimativas da evapotranspiração de referência. Foram usados os dados diários do período de 01/10/1980 a 31/12/2013 da estação meteorológica de Urussanga, SC. Foram usadas as séries de dados de temperatura máxima, temperatura média, temperatura mínima do ar, umidade relativa, velocidade do vento e insolação. A evapotranspiração diária foi estimada pelo método de Penman-Monteith. Para avaliar a tendência nas séries foi usado o teste de Mann-Kendall e para avaliar a magnitude da tendência foi usado o teste de Theil-Sen. Foi observada a tendência de aumento na série de temperatura média anual, com aumento de 0,0174 °C.ano^{-1}, e também tendência de diminuição da velocidade do vento no mês de julho. Nas demais séries climáticas bem como nas séries de evapotranspiração não foram constatadas tendências significativas.
PALAVRAS-CHAVE: Clima, tendência climática, evapotranspiração de referência.

CLIMATOLOGICAL TRENDS IN WEATHER ELEMENTS AND IN EVAPOTRANSPIRATION SERIES OF URUSSANGA, SANTA CATARINA STATE

ABSTRACT: The reference evapotranspiration (ET0 is a worldwide process studied to be an important parameter used in meteorological, climatological and hydrological studies. In these studies, evapotranspiration calculations are performed based on climatological series of long period and its application assumes that these series do not exhibit trends. With global warming and climate changes some studies have demonstrated a tendency of increase or reduction in evapotranspiration in recent decades. The present study aims to evaluate whether there are trends in climatological series used to estimate evapotranspiration and in the estimates of reference evapotranspiration. Daily data for the period 01/10/1980 to 31/12/2013 from meteorological station of Urussanga, SC were used. Data series of maximum temperature, average temperature, minimum air temperature, relative humidity, wind speed and solar radiation were used. Daily evapotranspiration was estimated using the Penman-Monteith method. To assess the trend of the series was used the Mann-Kendall test and to evaluate the magnitude of the trend was used to test Theil-Sen. The increasing trend in the series of annual mean temperature was observed, with an increase of 0.0174 ° C.yer^{-1}, and also the trend of decreasing wind speed in July. In the other series as well as the climate of evapotranspiration series no significant trends were found.

KEYWORDS: Climate, climate trend, reference evapotranspiration.

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

1. INTRODUÇÃO

A evapotranspiração é o componente do ciclo hidrológico que representa a água que retorna para a atmosfera, em forma de vapor, através dos processos de evaporação e transpiração vegetal (LIMA, 2005; CAMARGO e CAMARGO, 2000; PEREIRA et al., 1997). A evapotranspiração é processo oposto à precipitação e dessa forma ambos representam o balanço hídrico da superfície.

Segundo Alencar et al. (2011), a evapotranspiração é a principal responsável pela perda de água nas bacias hidrográficas, exercendo grande influência sobre os processos hidrológicos e estreitamente relacionada com a dinâmica da umidade do solo, a recarga dos aquíferos e o escoamento superficial.

A evapotranspiração potencial corresponde a água utilizada por uma extensa superfície vegetada, em crescimento ativo e cobrindo totalmente um terreno bem suprido de umidade. Doorenbos e Pruitt (1977) introduziram o conceito de evapotranspiração de referência (ET_0), em substituição evapotranspiração potencial. Para os autores, a ET_0 é aquela de uma extensa superfície de grama com altura entre 0,08 a 0,15 m, em crescimento ativo, cobrindo totalmente o solo e sem deficiência de água. Posteriormente foi apresentado o conceito de cultura de referência uma cultura hipotética, cujas caraterísticas se assemelham a grama (SMITH, 1991). Isto permite que tais características mantenham-se como parâmetros constantes adotados no cálculo da ET_0. Estes parâmetros, para a cultura hipotética, são: altura de 0,12 m, albedo igual a 0,23 e resistência da cultura ao transporte de vapor d'água igual a 69 s m^{-1}. Logo, a ET_0 é um elemento indicativo da demanda hídrica das culturas de um determinado local e período (ALLEN et al.,1998).

A evapotranspiração de referência (ET_0), definida para uma superfície de referência, é um processo mundialmente estudado por ser um importante parâmetro utilizado em estudos meteorológicos, climatológicos e hidrológicos. Na hidrologia o conhecimento da evaporação e evapotranspiração são necessários para determinar perdas de água em reservatórios, no abastecimento de água, balanço hídrico em uma bacia hidrográfica. Na agronomia, o conhecimento da evapotranspiração é utilizado para calcular o armazenamento de água no solo, nos projetos de irrigação e drenagem, no dimensionamento e manejo destes sistemas (CARVALHO et al., 2011; LIMA, 2005; PEREIRA, et al., 1997).

Os fatores meteorológico-climáticos que afetam a ET_0 são: o saldo de radiação, a temperatura do ar, a umidade do ar e a velocidade do vento, além de superfícies de água livre, tipo de vegetação e manejo do solo. Conforme Carvalho et al. (2011) existem diversos métodos tanto para a medição direta quanto indireta da ET_0. Os métodos diretos consistem na utilização de lisímetros, parcelas experimentais no campo com controle de umidade do solo e métodos de controle de entra a saída de água em grandes áreas. Em geral estes métodos apresentam custos elevados e dificuldades de operação e por isso tem sido de uso restrito em pesquisas ou para calibração de métodos indiretos (PEREIRA et al., 1997). Dentre os métodos indiretos, Penman-Monteith-FAO (PM-FAO) é considerado, internacionalmente, o mais apropriado para a estimativa da ET_0, sendo adotado como padrão pela Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) (ALLEN et al., 1998).

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

As alterações nas condições climáticas previstas para este século têm gerado preocupação mundial, sendo o aquecimento médio global uma das grandes questões, neste contexto. Segundo IPPC (2013) caso as emissões de gases do efeito estufa continuem crescendo às atuais taxas ao longo dos próximos anos, a temperatura do planeta poderá aumentar até 4,8 °C neste século. Conforme Yu et al. (2002) esta tendência pode levar a mudanças nos elementos do clima, como a temperatura, umidade relativa e precipitação, tanto em termos globais como regionais.

A alteração destes elementos afeta a evapotranspiração, uma vez que a mesma é dependente destes. A compreensão das variações temporais e espaciais da evapotranspiração é um componente vital nos estudos hidrológicos. A distribuição e a tendências da evapotranspiração de referência (ET_0) são extremamente importantes para planejamento de recursos hídricos e para a agricultura, visto que está sendo amplamente discutido o seu comportamento futuro em função do aquecimento global (ALENCAR et al., 2011).

Alguns estudos têm verificado importantes tendências de aumento e, principalmente, diminuição na evaporação medida em tanques e na evapotranspiração nas últimas décadas, em diferentes regiões, em todo o mundo (ALENCAR et al., 2011; LIANG et al. 2009; BANDYOPADHYAY et al. 2009; XU et al., 2006a; XU et al.,2006b). No Brasil, conforme Alencar et al. (2011) poucos estudos têm sido realizados para analisar a variação temporal da evapotranspiração decorrente das novas condições climáticas originadas pelo aquecimento global.

O objetivo do estudo foi identificar através de análise estatística, possíveis tendências temporais nas séries climatológicas usadas na estimativa da evapotranspiração pelo método de Penman-Monteih bem como nas estimativas de evapotranspiração de referência de Urussanga, SC.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido a partir dos dados diários de temperatura máxima, temperatura mínima, insolação, umidade relativa e velocidade do vento do período de 01 de outubro de 1980 a 31 de dezembro de 2013. Os dados utilizados foram obtidos da estação meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia. A estação está localizada sob as coordenadas 28°31'00''S e 49°19'00''W, com altitude de 48,17 metros no município de Urussanga, SC. Na Figura 1 está representada a localização da estação no município de Urussanga.

O clima da região, de acordo com a classificação climática de Köeppen, é do tipo Cfa, ou seja, subtropical, temperado chuvoso e quente, úmido sem estação seca definida e com inverno ameno (ALVARES et al., 2014). A temperatura média anual varia de 14,6ºC, registrada em junho, a 24,1°C, registrada em fevereiro. O índice pluviométrico varia de 1220 a 1660 mm, com total anual de dias de chuva entre 102 e 150. A umidade relativa do ar média mensal pode apresentar variação de 81,4 a 82,2% (BRAGA e GHELLERE, 1999).

A estimativa da evapotranspiração de referência em valores diários foi realizada através do método de Penman-Monteith FAO (PM-FAO). O método PM-FAO é considerado, internacionalmente, o mais apropriado para a estimativa da ET_0 diária ($mm.d^{-1}$), sendo adotado como padrão pela Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) há mais duas décadas. Este método procura representar, de maneira consistente, o

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

fenômeno biofísico da evapotranspiração, e é alimentado por quase todos os elementos meteorológicos observados em estações meteorológicas de superfície (CARVALHO et al., 2011).

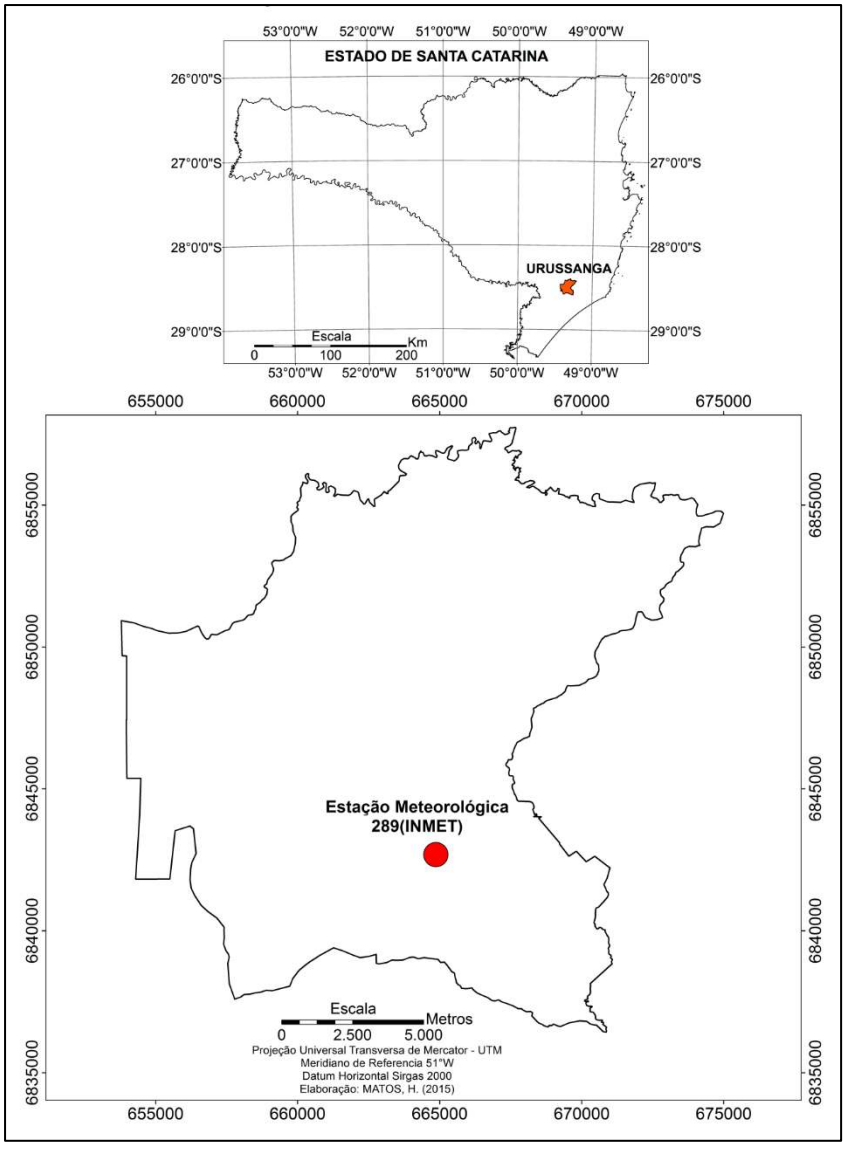

Figura 1 – Localização do município de Urussanga, SC.

A evapotranspiração de referência (ET_0) foi calculada pelo método de Penman-Monteith FAO, seguindo as recomendações de Smith (1991) e Allen et al. (1998) possuindo a seguinte notação:

$$ET_0 = \frac{\delta}{\delta+\gamma^*}(Rn - G)\frac{1}{\lambda_e} + \frac{\gamma}{\delta+\gamma^*}\frac{900}{T+273}U_2(e_s - e_a) \quad (1)$$

Em que: ET_0 = evapotranspiração de referência ($mm.d^{-1}$);

R_n = saldo de radiação a superfície ($MJ.m^{-2}.d^{-1}$);

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

G = fluxo de calor sensível no solo ($MJ.m^{-2}.d^{-1}$);

T = temperatura média do ar (^oC);

U_2 = velocidade do vento à 2 m de altura ($m.s^{-1}$);

($e_s - e_a$) = déficit de pressão de vapor (kPa);

δ = declividade da curva de pressão de saturação ($kPa.^oC^{-1}$);

λ_e = calor latente de evaporação ($MJ.kg^{-1}$);

γ^* = constante psicrométrica modificada ($kPa.^oC^{-1}$);

γ = constante psicrométrica ($kPa.\ ^oC^{-1}$).

No cálculo da evapotranspiração diária foi desprezado o fluxo de calor sensível no solo (G =0), conforme recomendado por Allen et al. (1998).

Para a avaliação da tendência temporal foi utilizado o teste de Mann-Kendall proposto por Sneyers (1975). O teste considera que, na hipótese de estabilidade de uma série temporal, a sucessão de valores ocorre de forma independente e a distribuição de probabilidade deve permanecer sempre a mesma (série aleatória simples).

Goossens e Berger (1986) afirmam que o teste de Mann-Kendall é o método mais apropriado para analisar mudanças climáticas em séries climatológicas, permitindo também a detecção e localização aproximada do ponto inicial de certa tendência.

De acordo com Cunderlik e Burn (2002) as hipóteses a serem testadas o teste de Mann-Kendall são:

H0. Os dados são uma amostra de uma variável aleatória de n dados independentes e identicamente distribuídos (isto é não existe tendência no conjunto de dados)

H1. A distribuição dos dados xi e xj não são idênticas para todos i, j ≤N, em que i≠ onde i e j são as sequências dos dados e N é o comprimento da série (isto é, a série apresenta tendência de aumento ou redução).

Há dois importantes parâmetros no teste de tendência. O nível de significância local, também chamado de valor p, indicando a quantidade de evidencia para rejeitar H0. Este valor pode ser informação extra a respeito da significância da tendência quando nenhuma significância na tendência é detectada.

A estatística Mann-Kendall, S é dado por:

$$S = \sum_{j=1}^{N-1} \sum_{i=j+1}^{N} sgn\,(x_i - x_j) \qquad (2)$$

Em que:

$$sgn\,(\theta) = \begin{cases} 1\ se\ \theta > 0 \\ 0\ se\ \theta = 0 \\ -1\ se\ \theta < 0 \end{cases} \qquad (3)$$

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

Para variável aleatória independente distribuída sem tendências à média e a variância de S são dadas por:

$$E(S) = 0 \quad (4)$$

$$Var\,(S) = \frac{N(N-1)(2N+5) - \sum_t^N t(t-1)(2t+5)}{18} \quad (5)$$

Em que t = extensão a qualquer empate.

Para o teste bicaudal, ao nível de significância α, rejeita-se H0 se o teste estatístico padronizado, $Z < Z_{\alpha/2}$ ou $Z > Z_{\alpha/2}$, em que a estatística normalizada Z de Mann-Kendall segue a distribuição normal com média zero e variância um. O valor de Z é calculado por

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{var(S)}} se S > 0 \\ 0\ se\ S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{var(S)}} se\ S < 0 \end{cases} \quad (6)$$

Há dois importantes parâmetros no teste de tendência. O valor "p" que indica a probabilidade de rejeitar a hipótese nula, sendo esta verdadeira. Este valor foi avaliado tendo como nível de significância 5% (α =0,05).

O teste de Mann-Kendall não fornece estimativa da magnitude da tendência. Para obter esta estimativa foi utilizado o método descrito em por Helsel e Hirsch (1992), com o teste não paramétrico de Theil-Sen (Helsel e Hirsch, 2002), para obter a estimativa robusta da inclinação (β) é definida como:

$$\beta = med\left(\frac{y_j - y_i}{t_j - t_i}\right), \text{ para todos i > j,} \quad (7)$$

Em que:β representa a mediana da inclinação obtida de todas as possíveis combinações de dois pontos da série temporal;

y_i é a variável testada para tendência;

t é o tempo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de evapotranspiração diária calculados apresentam elevada dispersão em função da variabilidade dos parâmetros meteorológicos, sendo a variabilidade maior quanto menor for a duração do período, como já demonstrado por Saad e Scaloppi (1988) e Back (2007). Por isso ao determinar a evapotranspiração média em determinado período deve se considerar também sua variação. Na

Tabela **1** são apresentadas as estatísticas dos valores de ET_0 diária estimados pela equação PM-FAO. A maior média diária ocorreu no mês de dezembro 4,02 $mm.d^{-1}$ e a menor média diária ocorrem no mês de junho 1,24

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

$mm.d^{-1}$. O maior e menor valor de ET_0 ocorreram nos meses de dezembro e junho, 7,87 $mm.d^{-1}$ e 0,64 $mm.d^{-1}$, respectivamente. Nos valores mensais o coeficiente de variação variou de 29,7 a 36,8%. Back (2007) encontrou coeficiente de variação entre 30 a 40 % para valores diários e de 6 a 12 % para intervalo mensal. Os valores do coeficiente de assimetria para todos os períodos se apresentaram valores positivos, sendo somente no mês de junho foi obtido coeficiente de assimetria superior a 1,0.

Tabela 1 – Estatísticas da evapotranspiração de referência diária para a região de Urussanga, SC no período de outubro de 1980 a dezembro de 2013.

Mês	N° de dados	Média ($mm.d^{-1}$)	Desvio Padrão ($mm.d^{-1}$)	CV[1] (%)	As[2]	Maior valor ($mm.d^{-1}$)	Menor valor ($mm.d^{-1}$)
Jan.	1023	3,93	1,18	30,1	0,16	6,84	1,91
Fev.	932	3,66	1,15	31,5	0,18	7,10	1,83
Mar.	1023	3,17	0,94	29,8	0,03	5,90	1,40
Abr.	990	2,36	0,71	30,0	0,23	4,68	1,10
Maio	1023	1,61	0,48	29,7	0,45	3,38	0,78
Jun.	1023	1,24	0,37	29,8	1,13	3,49	0,64
Jul.	1023	1,36	0,41	30,4	0,66	3,00	0,66
Ago.	1023	1,88	0,67	35,4	0,59	4,22	0,81
Set.	1023	2,38	0,87	36,8	0,42	5,67	0,81
Out.	1054	3,15	1,09	34,5	0,32	6,11	1,40
Nov.	1020	3,79	1,29	33,9	0,16	7,59	1,76
Dez.	1054	4,02	1,24	30,8	0,12	7,87	1,93

[1]Coeficiente de variação; [2]Assimetria

No estudo das possíveis tendências dos elementos climáticos foram considerados os valores médios anuais e os valores médios dos meses de janeiro e julho. Na

Tabela **2** têm-se os resultados das análises de tendência para as séries estudadas.

Foi observada tendência estatisticamente significativa para o aumento da temperatura média anual (p =0,0067) e para a diminuição da velocidade do vento no mês de julho (p = 0,0491) no período de outubro de 1980 a dezembro de 2013. Este resultado (aumento da temperatura média anual) corrobora com os trabalhos realizados por Back (2001); Campos et al. (2006), e Back e Vieira (2009) em Santa Catarina que mostram que nas últimas décadas houve aumento na temperatura média anual em várias locais do estado.

Back (2001) analisando os dados de temperatura da estação de Urussanga, no período de 1924 a 1998, observou que houve tendência

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

significativa no aumento da temperatura média anual (aproximadamente 1°C/século) e na temperatura média do mês de janeiro, sendo que a mudança ocorreu no ano de 1965. Campos et al. (2006) analisando as distribuições das temperaturas médias anuais verificaram que em Santa Catarina, os maiores valores de temperatura do ar concentram-se nas últimas décadas. Segundo os autores pode-se observar que a distribuição anual da temperatura média nos municípios de Urussanga, Caçador e São Joaquim superam o valor médio histórico com mais frequência a partir da década de 1990.

Tabela 2 – Estatísticas do teste de Mann-Kendall para as séries climatológicas de Urussanga, SC

Nº de dados	Série climatológica	S	z	Significância p
1	Precipitação anual	48	0,728	0,4666
2	Temperatura máxima anual	-15	-0,217	0,8282
3	Temperatura máxima de janeiro	-36	-0,542	0,5878
4	Temperatura máxima de julho	-34	-0,511	0,6094
5	Temperatura mínima anual	79	1,209	0,2267
6	Temperatura mínima de janeiro	53	0,806	0,4202
7	Temperatura mínima julho	88	1,348	0,1777
8	Temperatura média anual	176	2,712	0,0067
9	Temperatura média de janeiro	22	0,325	0,7452
10	Temperatura média de julho	40	0,604	0,5458
11	Umidade relativa anual	104	1,596	0,1105
12	Umidade relativa de janeiro	83	1,271	0,2037
13	Umidade relativa de julho	102	1,565	0,1176
14	Velocidade do vento anual	5	0,062	0,9506
15	Velocidade do vento de janeiro	79	1,209	0,2267
16	Velocidade do vento de julho	-128	-1,968	0,0491
17	Insolação ano	-28	-0,418	0,6759
18	Insolação de janeiro	-68	-1,038	0,2993
19	Insolação de julho	-44	-0,666	0,5054
20	Evapotranspiração anual	-32	-0,48	0,6312
21	Evapotranspiração de janeiro	-74	-1,131	0,2581
22	Evapotranspiração de julho	-82	-1,255	0,2095

Resultados semelhantes foram encontrados em outras regiões do Brasil. Mota et al. (1993), que quantificaram um incremento equivalente a

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

0,65ºC/século para o Rio Grande do Sul. Mello e Alfonsi (1993) e Sentelhas et al. (1994) encontraram valores de aquecimento de 2°C em 90 anos na cidade de Campinas, SP. Penereiro e Ferreira (2011) analisando as séries de temperatura média do ar de Campinas, SP, no período de 1910 a 2009, observaram uma tendência de aumento para a temperatura média anual da ordem de 1,8°C. Penereiro e Orlando (2013) analisando dados de 24 estações do INMET nos estados do Piauí e Maranhão observaram que de 96 séries trabalhadas 83% acusou aumento (coeficiente angular da equação de regressão linear a >0) nos índices das temperaturas. Em seis locais do Maranhão e quatro no Piauí apresentaram tendência significativa de temperatura média anual. Meschiatti et al. (2012) pesquisando a ocorrência de tendência em séries temporais de doze localidades do estado de São Paulo, cinco apresentaram tendência positiva para a temperatura média.

Quanto à redução da velocidade do vento no mês de julho, resultado semelhante foi apresentado por Alencar et al. (2011) para Minas Gerais no período de 1968 a 2008 que encontrou fortes reduções ao longo da série e em todos os meses do ano.

O teste de Mann-Kendall apresentado na

Tabela **2** não fornece estimativa da magnitude da tendência. Para obter esta estimativa pode-se usar o algoritmo derivado por Hirsch et al. (1982) a partir da abordagem de Theil-Sen. O teste não paramétrico de Theil-Sen é utilizado para estimar a declividade (β), indicando a magnitude e a tendência da declividade conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 – Teste de Theil-Sen aplicado às séries climatológicas de Urussanga, SC.

Série climatológica	**Mediana**	**Inclinação β**	**Intervalo de confiança de 95 para o valor de β**	
			B inferior	**B superior**
Precipitação anual (mm)	1769,60	3,9820	-7,2470	15,3066
Temp. máxima anual (°C)	25,91	-0,0028	-0,0260	0,0195
Temp. máxima de janeiro (°C)	29,69	-0,0081	-0,0402	0,0275
Temp. máxima de julho (°C)	21,56	-0,0114	-0,0794	0,0442
Temp. mínima anual (°C)	15,14	0,0367	-0,0400	0,0737
Temp. mínima de janeiro (°C)	19,84	0,0235	-0,0341	0,0712
Temp. mínima julho (°C)	9,66	0,0435	-0,0233	0,1179
Temp. média anual (°C)	19,55	0,0174	0,0066	0,0326
Temp. média de janeiro (°C)	24,23	0,0052	-0,0217	0,0327
Temp. média de julho (°C)	14,15	0,0159	-0,0387	0,0728

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

Umidade Relativa anual (%)	82,29	0,0658	-0,0093	0,1355
Umidade Relativa janeiro (%)	81,97	0,0786	-0,0570	0,1958
Umidade Relativa julho (%)	85,49	0,0817	-0,0270	0,1944
Vel. vento anual ($m.s^{-1}$)	1,34	0,0000	-0,0067	0,0068
Vel. vento janeiro ($m.s^{-1}$)	1,18	0,0050	-0,0025	0,0119
Vel. vento julho ($m.s^{-1}$)	1,22	-0,0055	-0,0129	0,0000
Insolação ano (h)	5,19	-0,0061	-0,0213	0,0107
Insolação janeiro (h)	5,17	-0,0205	-0,0480	0,0226
Insolação julho (h)	4,82	-0,0121	-0,0439	0,0307
ET_0 ano (mm)	1006,04	-0,2441	-1,7770	1,0425
ET_0 janeiro (mm)	122,17	-0,1432	-0,4247	0,1569
ET_0 julho (mm)	44,00	-0,0981	-0,2264	0,0305

Os valores de inclinação (β) (Tabela 3) e seus intervalos de confiança somente devem ser considerados quando o teste de Mann-Kendall indicar que a tendência é significativa. Assim para a temperatura média anual, a mediana observada foi de 19,55°C mm, com tendência significativa de aumento de 0,0174 °C.ano^{-1} ou 0,174 °C por década. Para a velocidade do vento no mês de julho a mediana observada foi de 1,22 $m.s^{-1}$ apresentando tendência de redução da velocidade de 0,0055 $m.s^{-1}$ ao ano e 0,55m. s^{-1} em um século.

Mesmo havendo tendência significativa para a diminuição da velocidade do vento em julho e aumento da temperatura média anual não foi observado tendência significativa para a ET_0 para julho ou anual. Isso é devido à temperatura média não ser considerada para o cálculo da ET_0 PM-FAO, utilizando-se somente as séries de temperatura máxima e mínima e a menor representatividade do vento neste processo, 14%, em relação à radiação solar, 80%(CHANG ,1968; NANDAGIRI e KOVOOR, 2005).

Conforme Back (2001) a identificação de alterações nos registros meteorológicos é essencial para os estudos de engenharia que utilizam as séries históricas, pois tanto as simulações como as aplicações de teorias de probabilidade são realizadas com a hipótese de que as séries históricas são homogêneas, isto é, que não apresentem tendências.

Não sendo identificadas tendências significativa na série de ET_0 para Urussanga, SC confirma-se a hipótese de homogeneidade da série. Dessa forma pode-se fazer uso dos estudos de frequências e probabilidades de ocorrência de valores de evapotranspiração bem com a utilização segura destes estudos nos trabalhos climatológicos e hidrológicos.

4. CONCLUSÕES

Com base na análise de tendências dos dados precipitação, temperatura máxima, temperatura média, temperatura mínima, velocidade do vento, umidade relativa, insolação e evapotranspiração de referência registrados na estação meteorológica de Urussanga no período de outubro de 1980 a dezembro de 2013 pode-se concluir que:

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

1) Foi observada tendência estatisticamente significativa para o aumento da temperatura média anual (p =0,0067) e para a diminuição da velocidade do vento no mês de julho (p = 0,0491);

2) Para a temperatura média anual foi observada tendência significativa de aumento de 0,0174 °C.ano^{-1} ou 0,174 °C por década;

3) Para a velocidade do vento no mês de julho a tendência de redução da velocidade de 0,0055 m.s^{-1} ao ano e 0,55m.s^{-1} ao século.

4) Não foram constatadas tendências significativas nas séries climatológicas de temperatura máxima, temperatura mínima, umidade relativa, velocidade do vento e insolação;

5) Não foi observado tendência significativa para as séries de evapotranspiração de referência anual bem como para as séries de evapotranspiração de referência dos meses de janeiro e julho.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALENCAR, L. P.; SEDIYAMA, G.; MANTOVANI, E. C.; MARTINEZ, M. A. Tendências recentes nos elementos do clima e suas implicações na evapotranspiração da cultura do milho em Viçosa – MG. *Eng. Agrícola,* Jaboticabal, v. 31, n. 4, p.631-642, 2011.

ALLEN, R.G. PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. *Crop evapotranspiration:* guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *MeteorologischeZeitscrift,* v.22, n.6, p.711-728, 2014.

BACK, A. J. Aplicação de análise estatística para identificação de tendências climáticas. *Pesq. agropec. bras.,* Brasília, v. 36, n. 5, p. 717-726, maio 2001.

BACK, A. J. Variação da evapotranspiração de referência calculada em diferentes intervalos de tempo. *Engenharia Agrícola,* Jaboticabal, v.27, p.139-145. 2007.

BACK, Á.J.; VIEIRA, H.J. Análise da tendência temporal nos dados de chuva de Urussanga-SC. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CLIMATOLOGIA, 3, 2009, Canela. *III Simpósio Internacional de Climatologia.* Sbmet, 2009. p.1-6.

BANDYOPADHYAY, A.; BHADRA, N. S.; RAGHUWANSHI, R.; SINGH, J. Temporal Trends in Estimates of Reference Evapotranspiration over India. *Journal of Hydrologic Engineering,* Reston, v.14, p.508-515, 2009.

BRAGA, H. J.; GHELLERE, R*. Proposta de diferenciação climática para o Estado de Santa Catarina.* In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia e Reunião Latino-Americana de Agrometeorologia. 1999. Florianópolis, SC. *Anais...* Florianópolis: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia – SBA, 1999. CD-ROM.

CAMARGO, Â. P. D. CAMARGO, M. B. P. D. Uma revisão analítica da evapotranspiração potencial. *Bragantia,* Campinas, v. 59, n. 2, p. 125-137, 2000.

CAMPOS, C. G. C.; BRAGA, H., ALVES, R. Mudanças climáticas atuais e seus impactos no Estado de Santa Catarina. *Agropecuária Catarinense,* v. 19, n.3, p.31-35, 2006.

CARVALHO, L. G et. al. Evapotranspiração de referência: Uma abordagem atual de diferentes métodos de estimativa. *Pesq. Agropec. Trop.,* Goiânia, v. 41, n. 3, p. 456-465, 2011.

CHANG, J. *Climate and agriculture: An ecological survey.* Chicago: Aldine Publishing Company, 1968. 304p

CUNDERLIK, J.M., BURN, D.H. Local and regional trends in monthly maximum flows in southern British Columbia. *Canadian Water Resources Journal,* v. 27, n.2, 191-212. 2002.

DOORENBOS, J.; PRUITT, J. O. *Crop water requirement*. Rome: FAO, 1977. 144p. FAO Irrigation and Drainage Paper 24.

GOOSSENS, C.; BERGER, A. Annual and seasonal climatic variations over the northern hemisphere and Europe during the last century. *Annales Geophysicae*. 4,B 4. p385 – 400. 1986

HELSEL, D.R, HIRSCH R.M. *Statistical Methods in Water Resources.* U.S. Department of the Interior, 2002. 503p.

HIRSCH, R.M., SLACK, J.R., and SMITH, R.A., 1982, Techniques of trend analysis for monthly water quality data: *Water Resources Research,* v. 18, n. 1, p. 107–121.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. *Climate change 2013:* The physical science basis. 33p.

LIANG, L.; LI, L.; LIU, Q. Temporal variation of reference evapotranspiration during 1961–2005 in the Taoer River basin of Northeast China. *Agricultural and Forest Meteorology, Amsterdam*, v.150. n.2. p. 298-306, 2009.

LIMA, E. P. *Evapotranspiração de referência de Penman- Monteith padrão FAO (1998) a partir de dados de temperatura máxima e mínima de Minas Gerais.* 2005. 85 f. *Dissertação (Mestrado)* - Universidade Federal de Viçosa, MG.

MELLO, M. H. A.; ALFONSI, R. R. A variação térmica secular em Campinas, SP: um exemplo de problemas inerentes ao estudo de séries temporais em climatologia. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 7. 1991, Viçosa. *Anais...* Viçosa: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia/UFV, 1993. p. 244-246.

MESCHIATTI, M.C.; FONTOLAN, M.R. PENEREIRO, J. C. FERREIRA, D.H.L. Caracterização estatística de tendências em séries anuais e dados hidro-climáticos no Estado de São Paulo. *Rev. Geogr. Acadêmica,* v.6,n.1,p.52-64, 2012.

MOTA, F. S. ; SIGNORINI, E. ; ALVES, E.G.P. ; AGENDES, M.O.O Tendência temporal da temperatura no Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v. 1, n. 1, p. 101-103, 1993.

NANDAGIRI, L.; KOVOOR, G. M. Sensitivity of the Food and Agriculture Organization Penman–Monteith evapotranspiration estimates to alternative procedures for estimation of parameters. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, v.131, n.3, p.238-248, 2005.

PENEREIRO, J.C; FERREIRA, D.H.L. Estatística apoiada pela tecnologia: uma proposta para identificar tendências climáticas. *Acta Scientiae,* v.13, n.1, jan./jun. 2011.

PENEREIRO, J.C; ORLANDO, D. V. Análises de tendências em séries temporais anuais de dados climáticos e hidrológicos na bacia do rio Parnaíba entre os estados do Maranhão e Piauí/Brasil. *Rev. Geogr. Acadêmica* v.7, n.2. 2013.

ISSN: 1980-055x (Impressa) 2237-8642 (Eletrônica)

PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. *Evapotranspiração.* Piracicaba: Fealq, 1997. 183 p.

SAAD, J. C. C.; SCALOPPI, E. J. Frequência de distribuição de evapotranspiração de referência para o dimensionamento de sistemas de irrigação. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 9., 1988, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis: ABID, 1988. v.2, p.1037-52.

SENTELHAS, P. C.; CAMARGO, A. P. ; CAMARGO, M. B. P. ; ALFONSI, R. R. Um século de desmatamento: efeitos no regime térmico, pluvial e no balanço hídrico em Campinas, SP. *Revista Brasileira de Agrometeorologia,* Santa Maria, v. 2, p. 99-103, 1994.

SMITH, M. *Report on the expert consultations on revision of FAO methodologies for crop water requirements.* Rome: FAO, 1991. 45 p.

SNEYERS R. *Sur l'analyses statistiquedes séries d'observaions,* Note Technique No. 143 OMM – no. 415, Genève, 192p. 1975.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R.. *Meteorologia básica e aplicações*. Viçosa: UFV, 2000. 449 p.

XU, C.Y.; GONG, L.; JIANG, T.; CHEN, D. Decreasing reference evapotranspiration in a warming climate – a case of Changjiang Yangtze River) catchment during 1970–2000. *Advances in Atmospheric Sciences,* Beiying, v. 23, n. 4, p. 513-520, 2006a.

XU, C.Y.; GONG, L.; JIANG, T.; CHEN, D.; SINGH, V.P. Analysis of spatial distribution and temporal trend of reference evapotranspiration in Changjiang (Yangtze River) basin. *Journal of Hydrology*, Amsterdam, v. 30. n.1-2. p. 81-93, 2006b.

YU, P. S.; YANG, T.C..; CHOU, C. C. *Effects of Climate Change on evapotranspiration from Paddy Fields in Southern Taiwan,* Climatic Change, Dordrecht, v. 54, n. 1-2, p. 165-179, 2002

Texto submetido à RBClima na data de 20/10/2014