



TENDÊNCIA CLIMÁTICA DE AUMENTO DA TEMPERATURA MÍNIMA E DA PRESSÃO DE SATURAÇÃO DO VAPOR D'ÁGUA NA AMAZÔNIA OCIDENTAL

Rafael Coll Delgado¹, Leonardo Paula de Souza², Rafael de Ávila Rodrigues³, Evandro Chaves de Oliveira⁴, Roziane Sobreira dos Santos⁵

1. Professor Doutor da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Departamento de Ciências Ambientais, Seropédica/RJ – Brasil (rafaelcolldelgado32@gmail.com)
2. Professor Mestre da Universidade Federal do Acre, Campus Floresta - Cruzeiro do Sul/Acre – Brasil
3. Pesquisador Doutor da Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Engenharia Agrícola, Viçosa/MG – Brasil
4. Professor Doutor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, IFES - Campus Itapina – Brasil
5. Professora Doutora da Universidade Federal de Rondônia, Campus Ji-Paraná/RO - Brasil

Recebido em: 06/10/2012 – Aprovado em: 15/11/2012 – Publicado em: 30/11/2012

RESUMO

Nos últimos anos, tem-se observado uma discussão sobre a possibilidade de aquecimento global devido à emissão de gases de efeito-estufa pelas atividades antrópicas. Os objetivos gerais deste trabalho foram: calcular a pressão de saturação do vapor d'água através da temperatura mínima do ar e analisá-la temporalmente utilizando três estações meteorológicas convencionais do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) sendo: Cruzeiro do Sul, Tarauacá e Rio Branco, ambas localizadas no Estado do Acre. Os resultados encontrados para os últimos 20 anos de dados analisados de 1990 a 2010 mostraram um aumento da temperatura mínima do ar de 0,11°C e 0,07°C para Cruzeiro do Sul e Rio Branco respectivamente. A pressão de saturação do vapor d'água teve aumento para os últimos dez anos (2000-2010) de 0,17hPa para Cruzeiro do Sul, 0,05hPa para Tarauacá e 0,11hPa para Rio Branco. Os dados analisados em 39 anos de temperatura mínima e pressão de saturação do vapor d'água do ar evidenciaram um padrão de aumento significativo para ambas estações, porém, as intensidades em Cruzeiro do Sul e Rio Branco foram maiores.

PALAVRAS CHAVE: oscilações climáticas, aumento da temperatura do ar, pressão de saturação do vapor d' água.

WESTERN AMAZON CLIMATE TRENDS: ON THE INCREASE OF THE MINIMUM TEMPERATURE AND THE SATURATION PRESSURE OF WATER VAPOUR

ABSTRACT

We have seen in the last few years a growing discussion around the emissions of greenhouse gases by human activities as a possible cause of global warming. The main aims of the research reported here were: to calculate the saturation pressure of water vapour by looking at the minimum air temperature; and, subsequently, to temporally analyse it based on data from three Conventional Meteorological Stations of the National Institute of Meteorology (INMET – Instituto Nacional de Meteorologia): Cruzeiro do Sul, Tarauacá and Rio Branco, all located in the Brazilian State of Acre. The results from the last twenty years of analyses, based on readings between 1990 and 2010, show an increase in the minimum air temperature of 0.11°C and 0.07°C in the stations of Cruzeiro do Sul and Rio Branco respectively. The saturation pressure of water vapour had a considerable increase of 0.17hPa in Cruzeiro do Sul, 0.05hPa in Tarauacá and 0.11hPa in Rio Branco in the last ten years (2000-2010). Analyses of 39 years of recordings of the minimum temperature and the saturation pressure of water vapour showed a standard increase for all three stations. However, the intensity of increase was higher in Cruzeiro do Sul and Rio Branco.

KEYWORDS: climatic fluctuations, increase of air temperature, saturation pressure of water vapour.

INTRODUÇÃO

A Amazônia é um bioma diversificado e de grande extensão que apresenta várias características climáticas e meteorológicas em suas diferentes regiões geográficas. Por ser o bioma de maior biodiversidade do mundo e com altas taxas de endemismo, tanto da flora quanto da fauna, a compreensão da sua gênese em todos os aspectos e a dinâmica dos processos bioclimáticos são de grande importância para a ciência, haja visto os inúmeros programas governamentais voltados para o estudo do clima nas diferentes partes do planeta.

Para VIANELLO (1986) as condições gerais do tempo meteorológico atuante em uma região estão relacionadas aos mecanismos da escala global da atmosfera. Portanto qualquer tentativa de entendimento da dinâmica atmosférica sobre uma área deve iniciar-se com uma visão mais ampla.

Em nível sazonal, no inverno, os eventos que produzem geadas no Sul e Sudeste do Brasil podem esfriar a Amazônia, com quedas significativas na temperatura do ar. Em junho de 1997, uma geada levou à perda de 70% da produção de café no Paraná e a quedas significativas de temperatura na Amazônia oeste, chegando a 11°C em Rio Branco. Tais eventos são comuns de maio a setembro, mas ainda não foram estimados os possíveis impactos dessas ondas de frio na população ou nos ecossistemas amazônicos (DUARTE, 2006).

Nos meios de comunicação, tem-se observado as consequências de situações meteorológicas adversas, que levam constantemente a graves impactos ambientais e sociais, acarretando notórios prejuízos econômicos. As variações climáticas afetam qualquer região, causando catástrofes mesmo nos países mais

desenvolvidos economicamente e com recursos tecnológicos mais avançados (CALVE et al., 1994).

O relatório do cenário mais pessimista A2, divulgado em 2007 pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças do Clima (IPCC) aponta para um aumento médio da temperatura do ar entre 0,8°C e 2,6°C até 2050 e de 1,4°C e 4,0°C até o final deste século, em decorrência do aumento das concentrações dos gases do efeito estufa (dióxido de carbono, óxido nitroso, vapor d' água, metano) mostrando que possivelmente a ação antrópica é responsável pelos grandes eventos extremos no mundo como furacões, secas e outros (IPCC, 2007 a, b).

NOBRE (2001) relata que o aumento da temperatura do ar causará uma possível aceleração do ciclo hidrológico, e que uma atmosfera mais adequada e com mais vapor d'água irá propiciar maior quantidade destes fenômenos extremos.

ARMANI et al. (2008) levantaram a hipótese de aumento na quantidade de vapor d'água na atmosfera, sobre a cidade de São Paulo, fato que contribuiu para justificar em parte o aumento observado no orvalho. Esse aumento de vapor d'água na atmosfera urbana de São Paulo pode estar relacionado a um ciclo natural, mas provavelmente é atribuído à dinâmica e funcionamento da cidade, principalmente da queima de combustíveis fósseis, pois toda a combustão gera como produto água.

Vale salientar que a temperatura média global é um indicador simples da variabilidade interna do clima em simulações com modelos e em observações e, também, é comumente usada como índice de variabilidade e mudança do clima global (BRAGANZA et. al., 2003).

Nesse sentido, este trabalho teve como objetivos principais: calcular a pressão de saturação do vapor d'água através da temperatura mínima do ar, e analisar temporalmente a temperatura mínima do ar e a pressão de saturação do vapor d'água para todo o Estado do Acre.

METODOLOGIA

Para o cálculo da pressão de saturação do vapor d'água (hPa) e a análise temporal da temperatura do ar (°C), utilizou-se dados meteorológicos anuais de três estações meteorológicas convencionais do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) sendo: Cruzeiro do Sul, Tarauacá e Rio Branco, ambas localizadas no Estado do Acre (Figura 1), sendo o período selecionado compreendido entre os anos de 1970 a 2010.

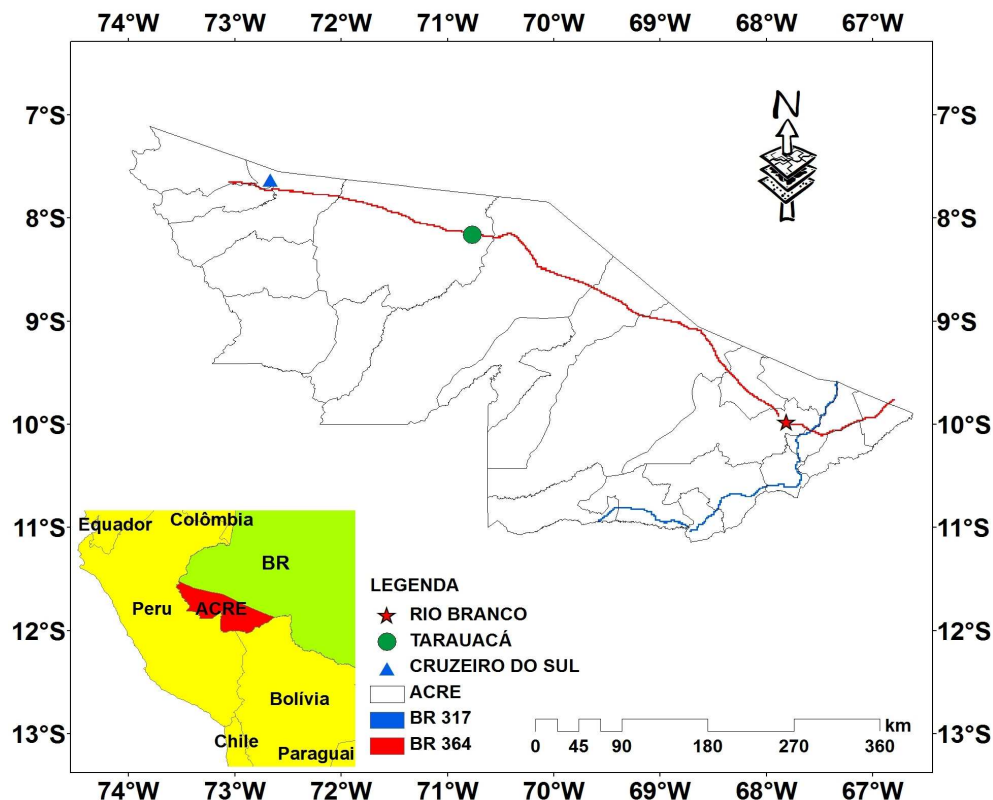


FIGURA 1. Localização geográfica da área de estudo e as estações meteorológicas convencionais do INMET.

Fonte: elaborado por Rafael Coll Delgado, julho de 2012.

Por meio da equação de Tetens, e substituindo os valores de temperatura mínima ($^{\circ}\text{C}$) na função $es_{t_{\min}}$ (hPa), calculou-se a pressão de saturação do vapor d'água (hPa) (Equação 1):

$$es_{t_{\min}} = 6,1078 \times 10^{\left[\frac{(7,5 \times t_{\min})}{(237,3 + t_{\min})} \right]} \quad (1)$$

em que,

$es_{t_{\min}}$ = pressão de saturação do vapor d'água, avaliada a temperatura mínima do ar ($^{\circ}\text{C}$), hPa;

$t_{\min}$ = temperatura mínima do ar ($^{\circ}\text{C}$).

Posteriormente calculou-se o desvio da temperatura mínima e pressão de saturação do vapor d'água em relação à média da temperatura mínima e pressão de saturação do vapor d'água no período de estudo de cada estação meteorológica (equação 2).

$$\frac{1}{n} \sum (X - \bar{X}) \quad (2)$$

em que,

X = temperatura mínima do ar (°C) e pressão de saturação do vapor d'água (hPa) para cada ano (1970-2010);

$\bar{X}$ = temperatura mínima média do ar (°C) e pressão de saturação do vapor d'água médio (hPa) durante os 39 anos analisados;

n = número de anos da série de temperatura mínima (°C) e pressão de saturação do vapor d' água (hPa) analisados.

A classificação de Köppen divide o Acre em dois principais tipos de clima: tropical úmido e tropical de monções. O clima tropical úmido (Af) é predominante na região do Vale do Juruá, onde se encontra instalada a estação meteorológica da cidade de Cruzeiro do Sul. Esse subclima é caracterizado pela intensa precipitação pluviométrica (quantidade acumulada anual superior a 2.000 mm). A precipitação mensal durante os doze meses do ano deve ser superior a 60 mm. Outra característica é a ausência de período seco definido. Este tipo de clima é típico da região próxima à linha do Equador (IBGE, 1997; MESQUITA & DUARTE, 2005).

O tropical de monções (Am) é predominante no restante do Estado e é dividido em Am1 e Am2. Apresenta características similares ao Af no que diz respeito a quantidades acumuladas de precipitação pluviométrica, porém apresenta período de seca de 1 a 3 meses e a precipitação mensal acumulada é abaixo de 60 mm de chuva (IBGE, 1997; MESQUITA & DUARTE, 2005).

Para analisar e identificar tendência nos dados meteorológicos utilizou-se os testes da regressão e o teste de Mann-Kendall. A análise de regressão pode ser utilizada para indicar alterações climáticas por meio do teste de significância do coeficiente de regressão (coeficiente angular). O teste considera a regressão linear entre a variável aleatória Y (série meteorológica) e o tempo (X). O teste paramétrico avalia se o coeficiente de regressão b é significantemente diferente de zero, o que indica a presença de uma tendência linear (LONGOBARDI & VILLANI, 2010), sendo a tendência é obtida por uma regressão linear simples, dada por:

$$Y = a + bX \quad (3)$$

em que,

X = é o tempo;

Y = é a série meteorológica.

As estimativas dos parâmetros a e b do modelo de regressão são determinados pelo método dos mínimos quadrados. O teste consiste em determinar o intervalo de confiança do coeficiente b , sendo que se este intervalo não inclui o valor zero, a tendência é significativa. O sinal do coeficiente de regressão irá indicar se a tendência é positiva ou negativa. A estatística de teste do coeficiente de regressão é

dada por:

$$t = \frac{\hat{\beta}}{s / \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}} \quad (4)$$

em que,

$\hat{\beta}$ = é o valor estimado do coeficiente de regressão;

s = é o desvio padrão estimado dos erros;

t = distribuição t de Student com n-2 graus de liberdade.

A hipótese nula de que não existe tendência ($H_0: \beta = 0$) é rejeitada quando o valor absoluto de t calculado pela Equação 7 é maior do que o valor absoluto tabelado $t_{\alpha/2}$. O teste t avalia se o coeficiente angular da regressão linear é significativamente diferente de zero, indicando a presença de uma tendência linear. Nesse caso, o coeficiente angular dessa regressão representa a mudança na série histórica.

O teste de Mann-Kendall (MANN, 1945; KENDALL, 1975) 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). Considerando uma série temporal de Y_i de n termos ($1 \leq i \leq n$); a estatística de teste é dada por:

$$S = \sum_{j=i+1}^n \text{senal}(Y_j - Y_i) \quad (5)$$

em que,

$\text{senal}(x) = 1$ para $x > 0$;

$\text{senal}(x) = 0$ para $x = 0$;

$\text{senal}(x) = -1$ para $x < 0$.

Para séries com grande número de termos (n), sob a hipótese nula (H_0) de ausência de tendência, S apresenta uma distribuição normal com média zero e variância:

$$\text{Var}(S) = n(n-1)(2n-5)/18 \quad (6)$$

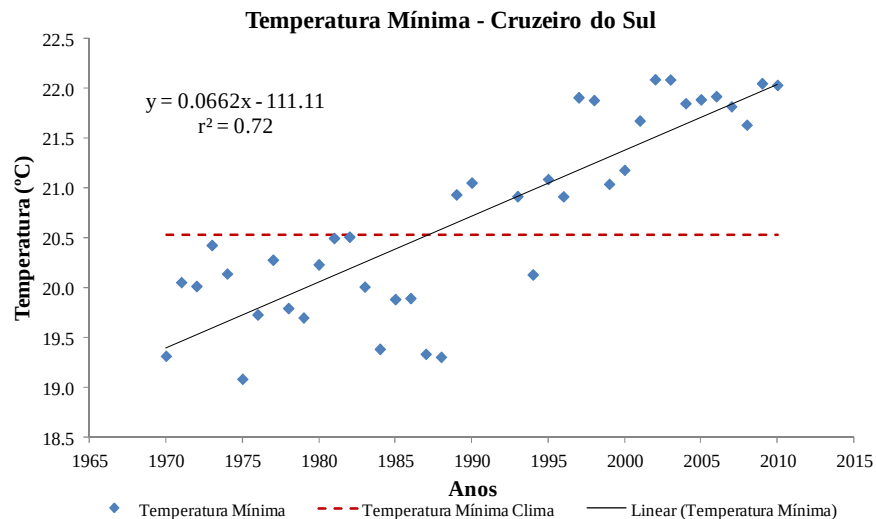
Testando a significância estatística de S para a hipótese nula usando um teste bilateral, esta pode ser rejeitada para grandes valores da estatística Z, que é dada por:

$$Z = \begin{cases} S - 1/\text{Var}(S) & \text{se } S > 0 \\ 0 & \text{se } S = 0 \\ S + 1/\text{Var}(S) & \text{se } S < 0 \end{cases} \quad (7)$$

Com base na análise da estatística Z é tomada a decisão de aceitar ou rejeitar H_0 , ou seja, pode-se confirmar a hipótese de estabilidade dos dados ou rejeitá-la a favor da hipótese alternativa (de existência de tendência nos dados). O sinal da estatística Z indica se a tendência é crescente ($Z > 0$) ou decrescente ($Z < 0$). Em um teste bilateral para tendência, H_0 deve ser aceita se $|Z| \leq Z_{\alpha/2}$, em que o valor de $Z_{\alpha/2}$ é obtido da tabela normal padrão. Todos os resultados foram analisados ao nível de significância 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas três estações meteorológicas analisadas os gráficos de temperatura mínima do ar (Figura 2) e pressão de saturação do vapor d'água (Figura 3) apresentaram um aumento significativo, principalmente nos últimos 20 anos de dados analisados 1990 a 2010.



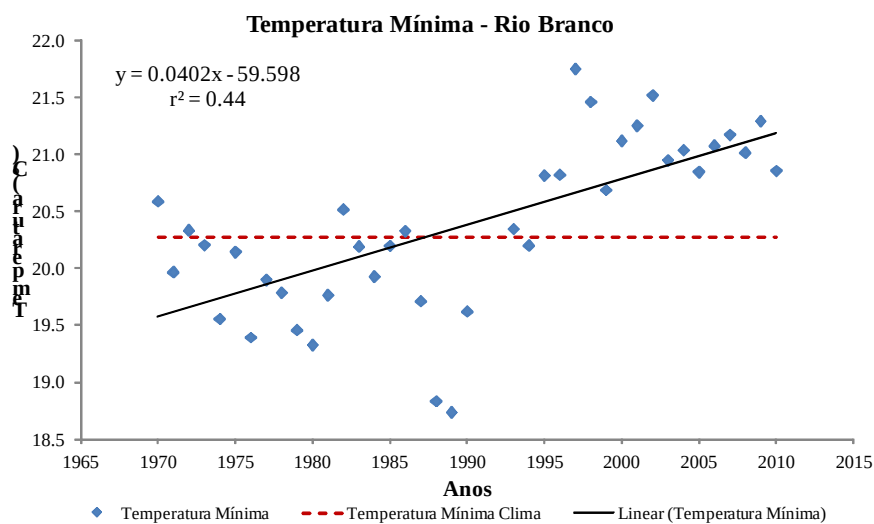
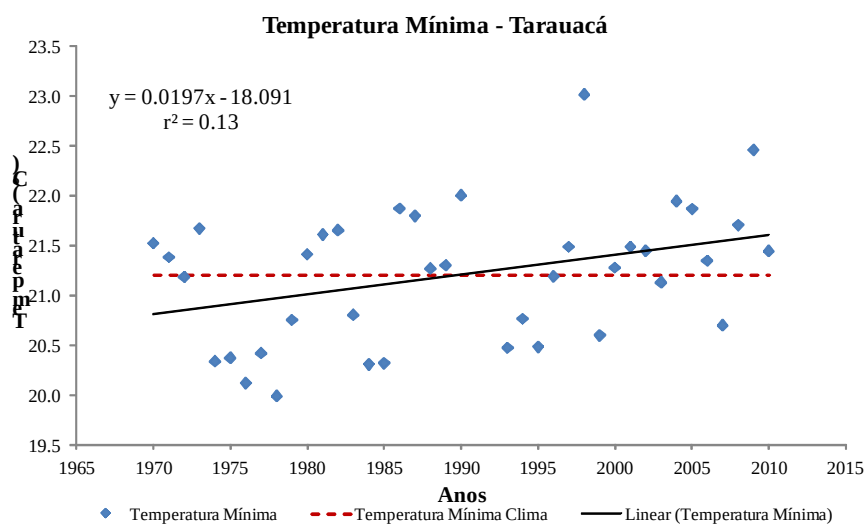


FIGURA 2. Evolução temporal climática da temperatura mínima para os 3 municípios analisados no Estado do Acre.

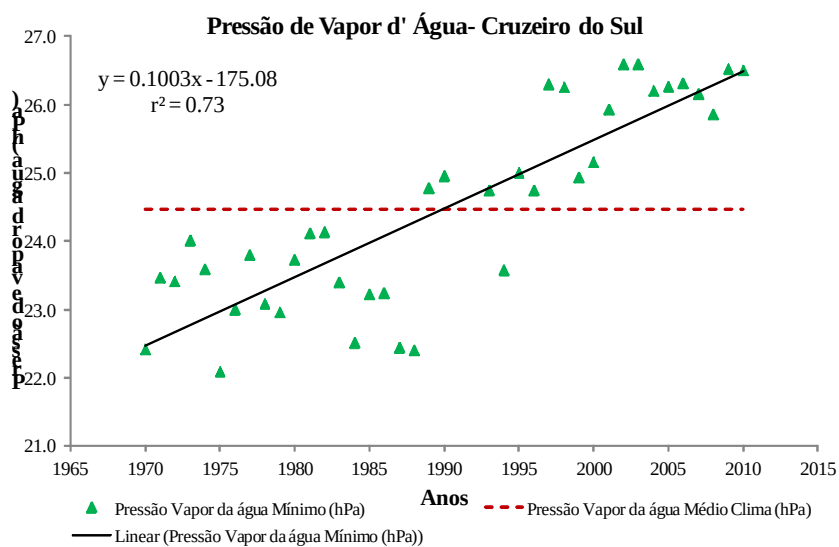




FIGURA 3. Evolução temporal climática da pressão de saturação do vapor d' água para os 3 municípios analisados no Estado do Acre.

Pelos valores da série histórica de temperatura mínima (Figura 2), no período de 1970 a 2010, por meio da análise de regressão linear simples, observou-se forte tendência de elevação na temperatura mínima para as estações de Cruzeiro do Sul e Rio Branco. O modelo linear explica uma tendência de aumento da temperatura mínima de 72% para Cruzeiro do Sul e 44% para Rio Branco. Entretanto, como pode observar na Figura 2, essa característica não é observada na estação meteorológica de Tarauacá, onde se verificou um coeficiente de determinação de 0,13. Essa característica observada na estação meteorológica de Tarauacá indica a necessidade de investigações que relacionem a eventos como o El Niño e La Niña. Nota-se também que a provável influência urbana nos registros da temperatura mínima e de outras variáveis meteorológicas, fique evidente, a necessidade de isolar fatores locais antes que estudos de ordem global sejam realizados com base em séries de postos meteorológicos.

De acordo com o estudo recente em cidades (LIMA et al., 2012), uma das

ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.8, n.15; p.2592 2012

justificativas para essas alterações é atribuída às mudanças na superfície, provocadas pelo processo de urbanização. O processo de urbanização, em cidades, com o seu acelerado crescimento populacional, acarretam em alterações na sua atmosfera. Essas alterações decorrem, em grande medida, de atividades antropogênicas, tais como: emissão de poluentes, que afetam a transferência de radiação e acrescentam núcleos de condensação no ar.

É possível notar que ao longo dos últimos anos as médias de temperatura mínima apresentam aumento, nos períodos que se espera uma ocorrência de temperaturas baixas, e também nas épocas onde as temperaturas são mais elevadas (LIMA et al., 2012).

Sendo uma variável dependente da temperatura do ar, a pressão de saturação do vapor d'água também mostrou crescimento nos últimos 39 anos analisados, nas localidades do Estado do Acre (Figura 3).

O aumento linear da temperatura mínima acarreta no aumento exponencial do vapor d'água noturno, aumentando a absorção de ondas longas pelas moléculas de água presentes na atmosfera.

Resultados semelhantes de aumento da temperatura mínima do ar foram encontrados por MINUZZI et al. (2010), que ao estudar as oscilações climáticas em Minas Gerais em uma escala maior constataram o crescimento entre 1961 a 2004, com destaque o município de Viçosa, aumento de 0,86°C a 3,4°C em sete dos nove meses analisados. Outro resultado importante encontrado por estes pesquisadores foi o aumento na pressão de vapor d'água entre 0,35 mb/década a 0,6 mb/década, de janeiro a junho para Viçosa, MG.

De acordo com GONÇALVES & ASSAD (2009) em cinco regiões estudadas do Brasil as séries históricas de temperatura mínima apresentaram um aumento significativo. Este aumento da temperatura mínima poderá aumentar as áreas de alto risco climático para a maioria das culturas agrícolas, notadamente alguns tipos de grãos e fruteiras temperadas.

Em um estudo da tendência observada da temperatura mínima e do número de geadas do Estado do Rio Grande do Sul, BERLATO & ALTHAUS (2010) relatam que há forte e coerente tendência de aumento da temperatura mínima do Rio Grande do Sul no período de 1936-2000, principalmente no verão e primavera, o que significa um aumento significativo de noites relativamente mais quentes para estas duas estações do ano.

As análises dos desvios da temperatura mínima anual, em relação à média da série de dados de cada estação meteorológica analisada, indicaram tendências de aumento significativo, em média 0,11 °C para Cruzeiro do Sul, 0,03 °C para Tarauacá e 0,07 °C para Rio Branco nesta última década de 2000 a 2010 (Tabela 1).

TABELA 1. Desvios da temperatura mínima do ar e pressão de saturação do vapor d' água para as 3 estações meteorológicas do Estado do Acre.

Anos	Cruzeiro do Sul		Tarauacá		Rio Branco	
	Desvio $t_{\min}$	Desvio $e_{St\min}$	Desvio $t_{\min}$	Desvio $e_{St\min}$	Desvio $t_{\min}$	Desvio $e_{St\min}$
1970-1980	-0,08	-0,12	-0,04	-0,06	-0,05	-0,07
1980-1990	-0,06	-0,09	0,01	0,02	-0,06	-0,09
1990-2000	0,04	0,06	0,01	0,01	0,04	0,06
2000-2010	0,11	0,17	0,03	0,05	0,07	0,11

Os desvios da pressão de saturação do vapor d' água oscilaram positivamente

de 0,17hPa para Cruzeiro do Sul, 0,05hPa Tarauacá e 0,11hPa para Rio Branco nesta última década de 2000 a 2010 (Tabela 1). Observa-se aumento da temperatura mínima e pressão de saturação do vapor d' água a partir de 1990 até 2010 para todas as estações meteorológicas analisadas (Tabela 1).

Estes resultados deixam claros que há uma descontinuidade significativa nas séries meteorológicas e os maiores desvios positivos de temperatura mínima e pressão de saturação do vapor d' água encontrados foram para as estações meteorológicas de Cruzeiro do Sul e Rio Branco ao longo dos 39 anos analisados (Tabela 1).

A (Figura 4) apresenta os gráficos do desvio da temperatura mínima e pressão de saturação do vapor d' água para os 3 municípios analisados. Observa-se uma tendência de aumento das variáveis analisadas para todos os municípios em questão.

Essa tendência dos desvios positivos para as duas estações meteorológicas de Cruzeiro do Sul e Rio Branco (Figura 4) evidencia a ocorrência de noites mais quentes, que pode estar associado ao aumento do transporte de umidade do oceano em direção ao continente, devido à elevação da temperatura durante o dia.

A crescente urbanização das cidades com a abertura e pavimentação de novas ruas e avenidas, habitações e conseqüentemente, redução de áreas verdes, entre outros fatores, podem contribuir positivamente para uma alteração no clima da cidade.

PEREIRA FILHO et al. (2007) comentam que os resultados encontrados na região metropolitana de São Paulo são oriundos da ação antrópica, e que as grandes cidades tropicais do planeta irão sofrer mais por causa da mudança do balanço energético na Camada Limite Planetária (CLP), devido ao aumento das temperaturas mínimas em particular, decorrente da urbanização e, menos, por causa das mudanças globais devidas ao aumento dos gases do efeito estufa. Num cenário de aumento do gradiente de temperatura entre o centro geométrico da área urbana e sua periferia tenderia a concentrar mais sistemas convectivos isolados sobre ela.

RODRIGUES (2010), analisando as séries de temperaturas, no período de 1968 a 2008, em Viçosa-MG também encontrou tendência significativa para a temperatura mínima. Observou um aumento de aproximadamente 0,03°C por ano e 0,3°C por década, sendo que no período de 1964 a 2009 o aumento foi de 1,2°C na temperatura mínima do ar.

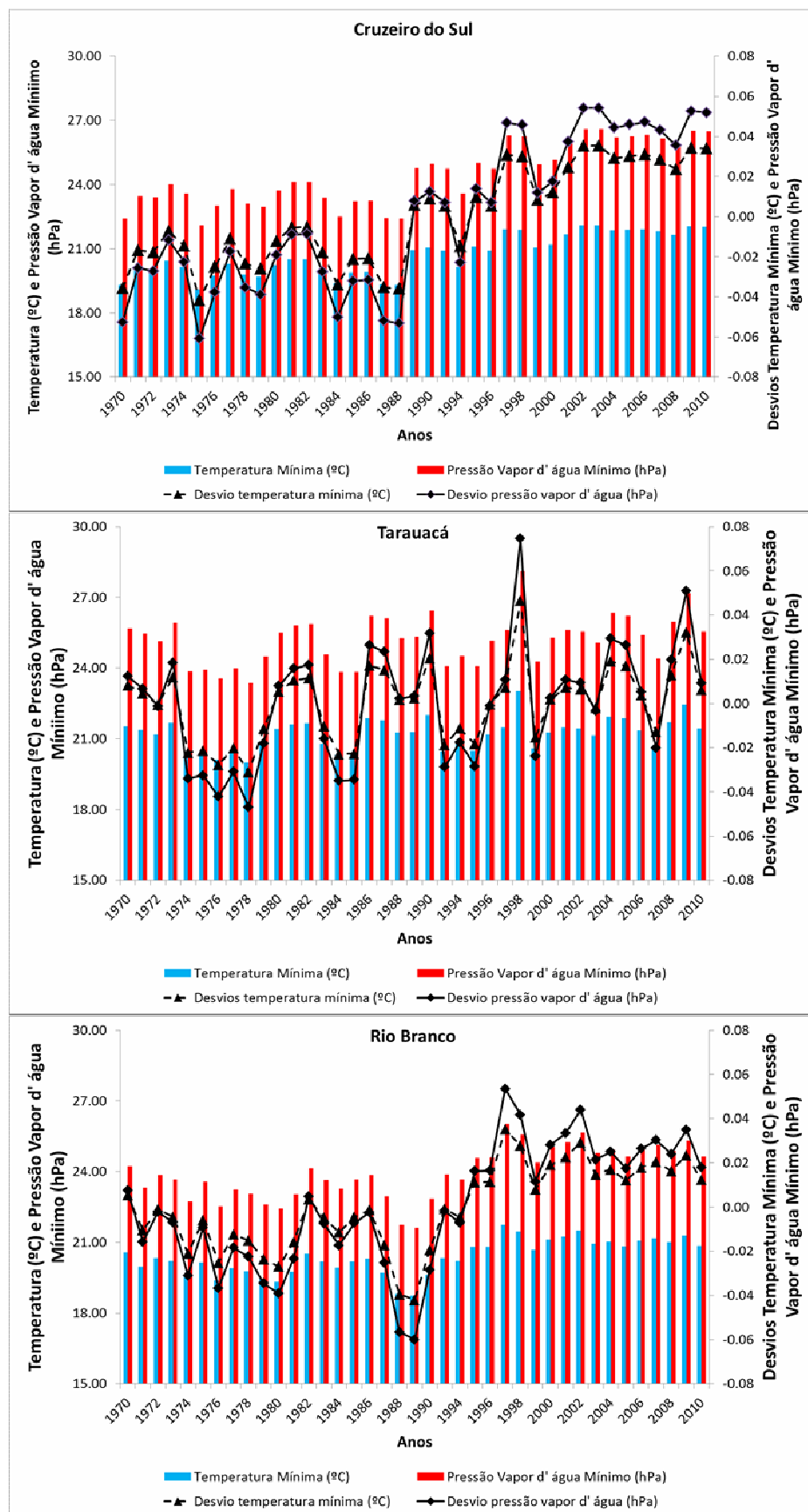


FIGURA 4. Evolução temporal climática dos desvios da temperatura mínima do ar e pressão de saturação do vapor d'água para os 3 municípios analisados no

Estado do Acre.

Os resultados da análise de tendência anual para as três localidades pelo teste de Mann-Kendall são apresentados na (Tabela 2). Em todas as localidades apresentam tendências de aumento nas temperaturas mínima e média do ar. E na temperatura máxima, somente a estação de Rio Branco não apresenta tendência de acréscimo. Devido à tendência crescente na temperatura, verificou também um aumento na pressão de saturação, com exceção da estação de Rio Branco, onde não houve tendência de aumento na pressão de saturação da temperatura máxima (Tabela 2).

Verifica-se também aumento na pressão de saturação do vapor d'água, ondes observa-se os maiores aumentos dêem Cruzeiro do Sul, com aumento na temperatura mínima de 0,66 °C por década (Figura 2). Esses resultados são similares aos de MARENGO & CAMARGO (2008) verificaram, no sul do Brasil, em nível anual, que as estações que apresentam tendências positivas e significativas para a temperatura mínima exibem aquecimento variando entre 0,5 e 0,8°C por década.

Com relação aos totais mensais de precipitação, não foi detectadas tendências significativas pelos testes de Mann-Kendall e regressão. Em estudos semelhantes, BLAIN (2009), analisando dados mensais de precipitação de oito localidades do Estado de São Paulo, não detectou tendências marcantes nos totais de precipitação pluvial.

TABELA 2. Valores de Z do teste de Mann-Kendall em cada localidade.

Elemento Climático	Localidade		
	Cruzeiro do Sul	Rio Branco	Tarauacá
Precipitação	0.36	0.53	0.56
Temperatura Máxima	3.39	0.44	2.30
Temperatura Mínima	5.30	4.06	2.18
Umidade Relativa	-1.77	0.00	-3.45
Temperatura Média	5.35	3.36	4.04
e _s Temperatura Máxima	3.39	0.44	2.30
e _s Temperatura Mínima	5.30	4.06	2.18
e _s Temperatura Média	5.35	3.36	4.04

CONCLUSÕES

Existe, aumento da temperatura mínima e pressão de saturação do vapor d'água para os últimos 20 anos de dados analisados para as três localidades do Estado do Acre.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pelo auxílio financeiro processo 477207/2011-1 e a Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro pela disponibilidade do uso do Laboratório de Meteorologia Ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARMANI, G.; FUNARI, F. L.; SALUM, S. T. Ocorrência do orvalho na cidade de São Paulo. **Revista do Instituto Geológico**. v.29, p.41-48, 2008.

BERLATO, M. A.; ALTHAUS, D. Tendência observada da temperatura mínima e do número de dias de geada do Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**. v.16, p.7-16, 2010.

BLAIN, G. C. Considerações estatísticas relativas à oito séries de precipitação pluvial da secretaria de agricultura e abastecimento do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 24, n. 1, p. 12 - 23. 2009.

BRAGANZA, K.; KAROLY, D.J.; HIRST, A.C.; MANN, M.E; STOTT, P.; STOUFFER, R.J.; TETT, S.F.B. Simples indices of global climate variability and change: Part I – variability and correlation structure. **Climate Dynamics**, v.20, n.5, p.491-502, 2003.

CALVE, L.; ALFONSI, R.R.; ASSAD, E.D. Planilhas de cálculo para estimativas do ciclo de culturas a partir de graus-dia. In: FARE, R.; GROSSKOPF, S. **Production frontiers**. Cambridge: Cambridge University Press, 1994.

DUARTE, A. F. A. Aspectos da climatologia do Acre, Brasil, com base no intervalo 1971-2000. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 21, n. 3b, 308-317, 2006.

GONÇALVES, R. R. V.; ASSAD, E. D. Análise de tendências de temperatura mínima do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 16., 2009, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: [s.n.], 2009. 1 CD-ROM.

IBGE. 1997. Diagnóstico Ambiental da Amazônia Legal (CD-ROM) IBGE. Rio de Janeiro.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). **Climate Change 2007: The Physical Science Basis**. Summary for Policymakers Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 18 pp. 2007a.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). **Climate Change 2007: Climate Change Impacts, Adaptation and Vulnerability**. Summary for Policymakers Contribution of Working Group II to the Intergovernmental Panel on Climate Change Fourth Assessment Report Climate Change 2007:, 23 pp. 2007b.

KENDALL, M. G. Rank correlation methods, London: Charles Griffin. 1975.

LIMA, C. B.; SANTOS, R. F.; SIQUEIRA, J. Análise da variação das temperaturas mínimas para Cascavel – PR. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**. v.1, p.1-21, 2012.

LONGOBARDI, A.; VILLANI, P. Trend analysis of annual and seasonal rainfall time series in the Mediterranean area. **International Journal of Climatology**. v. 30, p. 1538-1546, DOI: 10.1002/joc.2001. 2010.

MANN, H. B. Non-parametric test against trend. **Econometrika**, v. 13, p. 245-259. 1945.

MARENGO, J. A.; CAMARGO, C. C. Surface air temperature trends in Southern Brazil for 1960–2002. **International Journal of Climatology**. v. 28, p. 893–904. DOI: 10.1002/joc.1584. 2008

MESQUITA, R. C.; DUARTE, A. F. Diferenças na climatologia das chuvas entre as regiões leste e oeste do estado do Acre. In: CONGRESSO DE ESTUDANTES E BOLSISTAS DO EXPERIMENTO LBA, 2., 2005. **Anais...** Manaus, 2005.

MINUZZI, R. B.; VIANELLO, R. L.; SEDIYAMA, G. C. Oscilações climáticas em Minas Gerais. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.25, n.2, p.227-236, 2010.

NOBRE, C. Mudanças climáticas globais: Possíveis impactos nos ecossistemas do país. **Parcerias Estratégicas**. n.12, p.249-258, set. 2001.

PEREIRA FILHO, A. J.; SANTOS, P. M. dos.; CAMARGO, R. de.; FESTA, M.; FUNARI, F. L.; SALUM, S. T.; OLIVEIRA, C. T. de.; SANTOS, E. M. dos.; LOURENÇO, P. R.; SILVA, E. G. da.; GRACIA, W.; FIALHO, M. A. **Impactos antrópicos no clima da região metropolitana de São Paulo**. Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas. Departamento de Ciências Atmosféricas. São Paulo: 2007. Disponível em: <http://www.nossasaopaulo.org.br/portal/files/impactos_antropicos_clima.pdf>. Acesso 11 jun 2012.

RODRIGUES, J. M.; RODRIGUES, R. A.; JUSTINO, F. B.; COSTA, L. C.; AMORIM, M. C. Efeitos Locais e de Larga Escala na Dinâmica Climática do Município de Viçosa – Minas Gerais. **Revista Sociedade & Natureza**, Uberlândia, 22 (3): 593-610, dez. 2010.

VIANELLO, R. L.; MAIA, L. F. P. G. Estudo preliminar da climatologia dinâmica do estado de Minas Gerais. In: **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte: EPAMIG. UFMG. UFV. v.12. n°138. jun. p.6-8.1986.