



EFEITO DA OCUPAÇÃO DO SOLO SOBRE O CLIMA DE PORTO VELHO, RONDÔNIA, BRASIL EFFECT OF LAND USE CHANGE ON THE CLIMATE OF PORTO VELHO, RONDÔNIA, BRAZIL

Marcelo José Gama da Silva¹, Carlos Alexandre Santos Querino², Luiz Alves dos Santos Neto³, Nadja Gomes Machado⁴, Julio Saches Militão⁵, Marcelo Sacardi Biudes⁶

RESUMO

A região amazônica têm sido foco de discussões e estudo relacionando o uso e ocupação das terras com as mudanças climáticas locais. Esse trabalho tem como objetivo avaliar a influência das mudanças de uso e cobertura da terra sobre o clima da região de Porto Velho – RO. Utilizou-se séries temporais da temperatura do ar média, máxima e mínima, umidade relativa do ar e precipitação, do município de Porto Velho, entre 1945 a 2005. A mudança de uso e cobertura do solo foi avaliada através das informações geradas pelo Programa de Cálculo de Desflorestamento da Amazônia do INPE, entre 1988 a 2006 para Rondônia e Amazonas, e dados produzidos pela Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental, no período de 2000 a 2007 em Rondônia. Observou-se que a área de estudo apresentou desmatamento inferior ao mensurado no estado de Rondônia e superior ao do estado do Amazonas. A temperatura média do ar foi maior no período pré-colonização (1945 a 1970), do que no período de colonização (1971 a 1945). Evidenciou-se um aumento da temperatura média máxima do ar e redução da temperatura média mínima do ar no período de colonização (1971 a 2005) e de pré-colonização (1945 a 1970), respectivamente. A umidade relativa do ar apresentou uma tendência de redução no período de análise (1945 a 2005), sendo mais evidenciada após a década de 80. Os resultados não indicaram possíveis impactos do desmatamento no clima da região de estudo.

Palavras-chave: Variáveis meteorológicas; alterações climáticas; desflorestamento e Amazônia.

ABSTRACT

The Amazon region has being focus of many studies relating the land use and occupation with local climate changes. The main aim of this article was evaluate the influence of the change in the land use and cover in the climate of the municipality of Porto Velho – RO. Was used a temporal series of the averaged, minima and maxima air temperature, relative humidity and rainfall collected in Porto Velho from 1945 to 2005. The change of the use and land cover was evaluated by the information generated by the “Programa de Cálculo de Desflorestamento da Amazônia” from INPE, from 1988 to 2006 to Rondônia and Amazonas estate, and data produced by the “Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental”, from 2000 to 2007 in Rondônia. Was noticed that the study area have shown less deforestation than in Rondônia state and higher deforestation than Amazonas. The medium air temperature was upper in the pre-colonization period (1945 – 1970) than in the colonization time (1971 – 1945). Was observed an increment of the maxima air temperature and a reduction of the minima air temperature in the colonization period (1971 – 2005) and in the pre-colonization (1945 – 1970) respectively. The relative air temperature have shown a reduction tendency in the period of the analysis (1945 – 2005), more evidenced on the eighties. The results here observed indicate there is no impact of the deforestation in the Amazon climate on the study region.

Key-words: Meteorological variables; climate change; deforestation and Amazonia

Recebido em: 03/10/2016

Aceito em: 26/02/2018

¹ Sistema de Proteção da Amazônia, Porto Velho/RO, e-mail: marcelo.gama@sipam.gov.br

² Universidade Federal do Amazonas, Manaus/AM, e-mail: carlosquerino@ufam.edu.br

³ Sistema de Proteção da Amazônia, Porto Velho/RO, e-mail: luiz.santos@sipam.gov.br

⁴ Instituto Federal de Mato Grosso, Cuiabá/MT, e-mail: nadja.machado@blv.ifmt.edu.br

⁵ Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho/RO, e-mail: julio.militao@gmail.com

⁶ Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá/MT, e-mail: marcelo@fisica.ufmt.br

EFEITO DA OCUPAÇÃO DO SOLO SOBRE O CLIMA DE PORTO VELHO, RONDÔNIA, BRASIL

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a Amazônia tem sido foco de discussões quanto ao impacto que a alteração do uso e cobertura da terra no ecossistema amazônico teria sobre o clima regional e global (ALVES et al., 1999). A importância da cobertura vegetal no clima e no ciclo hidrológico vem sendo ponto de apoio para as discussões sobre mudanças climáticas, pois a alteração da superfície vegetada modifica a interação entre a biosfera e a atmosfera e, conseqüentemente, o padrão climatológico da região. Essas alterações climáticas provocadas pelo desmatamento modificam os ciclos biogeoquímicos, uma vez que são responsáveis por cerca de 75% das emissões de CO₂ brasileiras, contribuindo para a elevação das temperaturas do Planeta e, conseqüentemente, para a modificação do clima (HOUGHTON, 1991; NOBRE et al., 1991; PEDLOWSKI et al., 1999; HOUGHTON et al., 2000; PAVÃO et al., 2016) (NÓBREGA, 2008).

Estudos realizados por Alves et al. (1999), Correia et al. (2007) e Fearnside (2007) indicam que as interferências antrópicas nos ecossistemas amazônicos podem provocar impactos na circulação atmosférica, no transporte de umidade para/e da região e, conseqüentemente, no ciclo hidrológico, com a redução regional das chuvas e suas teleconexões climáticas, afetando o clima sobre a América do Sul e em outras partes do mundo (SILVA DIAS et al., 2002). Fearnside (2003) sugere que o desmatamento na Amazônia é capaz de diminuir as chuvas no Sudeste brasileiro. Segundo Satyamurti et al. (2010), sinais de ligeira queda linear da precipitação e sinais mistos de tendência positiva/negativa, foram observados em pontos individuais sobre a porção central e ocidental da região Amazônica. Souza et al. (2017) mostraram que os padrões climatológicos de precipitação, de 40 estações meteorológicas distribuídas nos estados do Pará, Maranhão e Tocantins, apresentaram variabilidade espacial pronunciada, com características climáticas diferenciadas (intensidade e disposição geográfica dos máximos e mínimos

pluviométricos) nos regimes chuvoso (janeiro a maio) e seco (julho a novembro).

Neste sentido, tem sido crescente o interesse científico em avaliar como a alteração da cobertura vegetal da Amazônia pode provocar mudanças no clima local, regional e global. Estudos indicam que a substituição da vegetação nativa por atividades agropecuárias provoca um aumento da temperatura do ar de 0,6 a 2,0 ° C, uma redução no total da precipitação e da evaporação de 20 a 30% e uma estação seca mais prolongada após o desmatamento. Querino et al. (2016) observaram que a substituição da floresta amazônica por pastagem acarreta um aumento de 59% no albedo superficial e de 24% na temperatura da superfície. Alguns pesquisadores afirmam que a variabilidade natural do clima não permite afirmar que este aquecimento seja decorrente da intensificação do efeito-estufa causado pelas atividades humanas, ou mesmo que essa tendência de aquecimento persistirá nas próximas décadas (NOBRE et al., 1991; FISCH et al., 1997; ALVES et al., 1999; MOLION, 2008).

Tendo em vista a escassez de estudos com séries históricas de dados, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da alteração da cobertura vegetal sobre a temperatura do ar, umidade relativa do ar e precipitação pluviométrica, antes e após o processo de colonização, ocorridos no norte de Rondônia e sul do Amazonas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo (17.300 Km²) compreende parte do norte de Rondônia (Porto Velho, Candeias do Jamari, Itapuã do Oeste e Alto Paraíso), e sul do Amazonas, parte dos municípios de Canutama e Lábrea. O perímetro é delimitado pelas coordenadas geográficas: 08° 13' e 09° 48' de latitude Sul e 63° 17' e 64° 52' de longitude e compreende um raio de 75 km a partir da estação meteorológica do INMET, localizada na EMPRAPA / CPAF-RO (latitude: 08° 47' 42" Sul, longitude: 63° 50' 45" Oeste e altitude: 95 metros) (Figura 01).

EFEITO DA OCUPAÇÃO DO SOLO SOBRE O CLIMA DE PORTO VELHO, RONDÔNIA, BRASIL

A área de estudo de 75 Km de raio, a partir da estação meteorológica do INMET, foi definida em razão das normas estabelecidas pelo manual WMO n.º 544, vol. 1, da Organização Meteorológica Mundial (OMM) (WMO, 2003). Esse manual preconiza que o espaçamento entre estações meteorológica de superfície deve obedecer aos seguintes critérios: a) espaçamento máximo de 150 km entre estações e, em regiões onde seja totalmente impossível de manter esse

distanciamento, não deve ultrapassar 500 km; b) a distribuição das estações deve ser representativa dos diferentes climas regionais, assim como das variações de relevo e vegetação (INMET, 1992). Ressalta-se que nestas áreas, o processo de colonização se iniciou de fato na década de 70, quando migraram para a região excedentes populacionais vindos do meio rural dos estados da região Sul, Sudeste e Nordeste do Brasil.

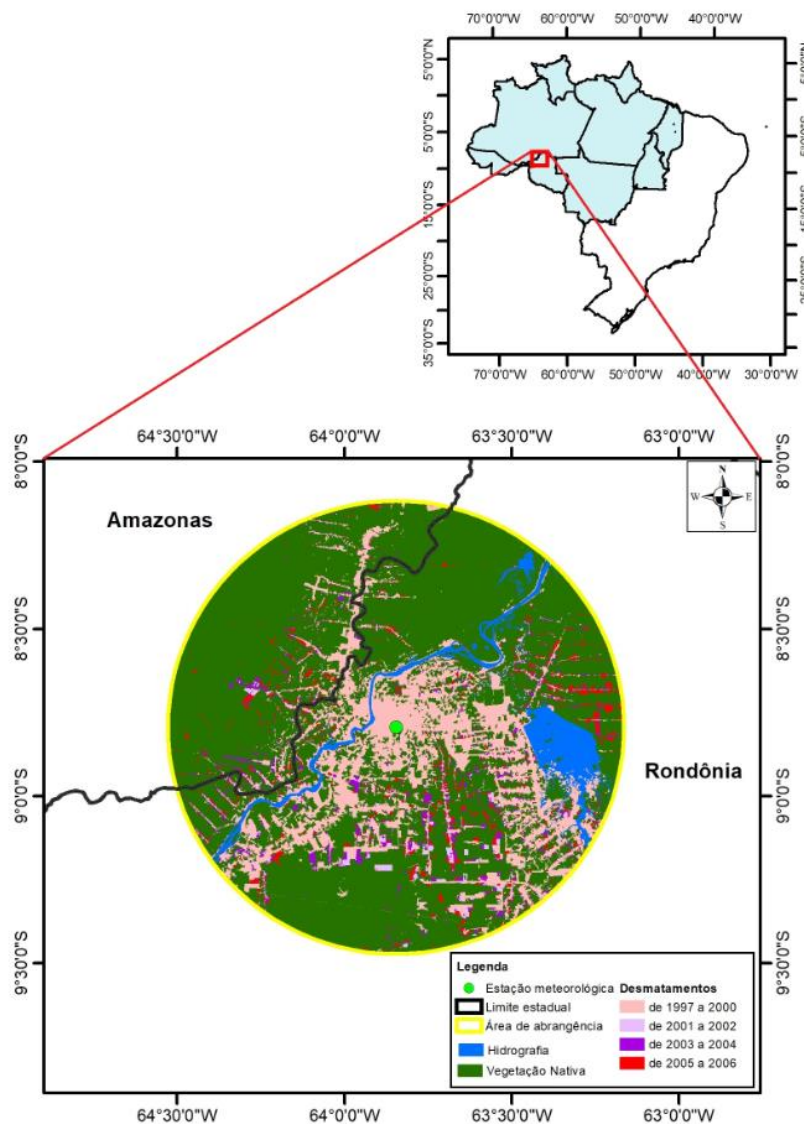


Figura 1 - Localização do domínio da área de estudo

2.2 AQUISIÇÃO E PROCESSAMENTO DOS DADOS

2.2.1 DADOS METEOROLÓGICOS

Foram utilizadas séries temporais de 61 anos de dados diários de temperatura do ar

(média (T_{Med}), máxima ($T_{Máx}$) e mínima (T_{Min}), umidade relativa do ar (UR) e precipitação pluviométrica (Ppt) do município de Porto Velho - RO, referentes ao período de 1945 a 2005. A

EFEITO DA OCUPAÇÃO DO SOLO SOBRE O CLIMA DE PORTO VELHO, RONDÔNIA, BRASIL

partir dos dados diários da série histórica, foram calculadas as médias mensais e anuais das variáveis descritas anteriormente

Para o cálculo da temperatura média diária do ar foi utilizada a fórmula da temperatura compensada, proposta por Serra (1938) (Equação 1) (VAREJÃO-SILVA, 2001).

$$T_{md} = \frac{(2 * t_{00h} + t_{12h} + t_{max} + t_{min})}{5} \quad (1)$$

onde t_{00h} e t_{12h} são, respectivamente, as temperaturas medidas às 00 e 12 TMG (Tempo Médio de Greenwich), t_{max} é a temperatura máxima do dia em questão, e t_{min} é a temperatura mínima deste mesmo dia. Para a análise da temperatura máxima e mínima do ar foram calculadas as médias mensais e anuais.

A média da umidade relativa do ar foi calculada pela fórmula da média compensada adotada pelo INMET (1992) (Equação 2).

$$UR = \frac{(UR_{12h} + UR_{max} + UR_{min} + 2 * UR_{00h})}{5} \quad (2)$$

Onde UR_{12h} e UR_{00h} são, respectivamente, as umidades relativa do ar às 12 e 00 TMG, UR_{max} e UR_{min} são as umidade relativa máxima e mínima do dia, respectivamente.

A precipitação diária foi calculada a partir da soma das leituras observadas às 14:00 HL e 20:00 HL do dia anterior mais a leitura observada às 08:00 HL do dia do registro.

Para o preenchimento dos dados faltosos de temperatura do ar, umidade relativa do ar nas séries temporais analisadas, foi utilizado o procedimento adotado por Shepherd (2006), que consiste em utilizar a média dos três valores anteriores e posteriores ao valor faltoso da série temporal. Para isso calculou-se a média mensal considerando todos os anos disponíveis, em seguida o calculou-se os pesos mensais para o mês faltante, computados para todos os anos disponíveis e em seguida a média mensal estimada em cada um dos meses ausentes foi utilizada para o preenchimento das falhas

existentes. Para preenchimento das falhas dos dados de precipitação foi utilizado o método da média aritmética de valores de estações vizinhas e a homogeneidade das séries foi verificada através do run-test.

2.2.2 MUDANÇAS DO USO DO SOLO

Foram utilizados os dados do desflorestamento amazônico acumulado no período até o ano de 1997 e, de 1997 até 2006, para os estados de Rondônia e Amazonas. Essas informações, juntamente com a descrição da metodologia utilizada para a sua avaliação, são fornecidas em detalhe pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) através do Programa de Cálculo de Desflorestamento da Amazônia (PRODES), e estão disponíveis no site < <http://www.obt.inpe.br/prodes/>>. Com a utilização do software Arc View 3.2, gerou-se um "buffer" com 75 Km de raio com centro nas coordenadas da estação meteorológica do INMET, localizada na EMBRAPA/CPAF-RO, representando assim a área de cobertura das estações meteorológicas.

Para a avaliação do desflorestamento foi considerada as cenas de imagens Landsat-5 TM 232/66, 232/67 e, 233/66 e 233/67, (Figura 02), representativas da região de estudo, sendo quantificada a evolução do desmatamento das classes representadas nos mapas por: 1) Floresta, que representa a cobertura de floresta primária; 2) Desmatamento total, representando o desmatamento acumulado até o ano anterior ao ano de mapeamento; 3) Incremento, que é o desmatamento observado no período de um ano e; 4) Não-Floresta, representando todas as coberturas de vegetação que não pertencem originalmente à classe de floresta primária. O percentual de desmatamento foi avaliado ano a ano a partir de 1997 (ano zero) e calculado a soma dos acumulados nos períodos entre 1997 e 2000; 2001 e 2003 e 2004 e 2006.

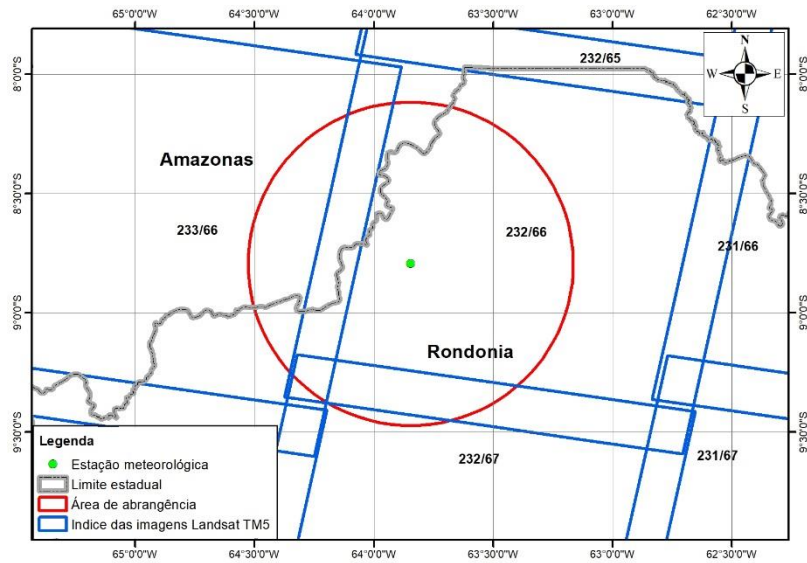
EFEITO DA OCUPAÇÃO DO SOLO SOBRE O CLIMA DE PORTO VELHO, RONDÔNIA, BRASIL

Figura 2 - Órbita ponto das imagens Landsat TM5 utilizadas no estudo

Esse processo de avaliação do desmatamento ocorreu após a digitalização das informações sobre a alteração da cobertura vegetal nas cenas das imagens Landsat-5 TM. Todos os ajustes, correções e poligonalização necessários, foram feitos por meio de medição automática através do comando interno do Sistema Geográfico de Informação, denominado "AREAREL". Tal comando gera um arquivo "ASC" com dados dos Planos de Informações contidos na Carta ou "Projeto" trabalhado. No processo de rasterização dos vetores, utilizou-se resolução de pixel 30 x 30 m. Foram mensuradas apenas as alterações antrópicas ocorridas sobre a cobertura vegetal original possíveis de identificação nas imagens de satélite utilizadas e, calculado o percentual em relação a área de abrangência do estudo.

2.2.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Foram utilizadas análises descritivas de média aritmética, desvios-padrão e coeficiente de variação (CV). A descrição para estabelecer as faixas do CV foi proposta por Pimentel-Gomes (1987), onde CV menores que 10% são considerados baixos, entre 10% e 20%, médios, entre 20% e 30%, altos, e maiores que 30%, muito altos. Os valores menores ou maiores que dois desvios-padrão, a contar da média, são considerados como valores discrepantes.

Para uma melhor compreensão do comportamento de cada variável meteorológica, foi feita a análise de regressão linear simples das séries temporais, nos períodos de 1945 a 2005 (período histórico), 1945 a 1970 período de pré-colonização (PRÉ-COL) e 1971 a 2005 período de colonização (COL). Assim, foi possível avaliar se existe relação linear entre as variáveis, e conseqüentemente, se um relacionamento linear entre elas deve ser assumido.

Utilizou-se o teste t de Student ao nível de 5% de significância para identificar o grau de variabilidade dos parâmetros meteorológicos em comparação a Normal Climatológica do INMET (1961 a 1990). Estabeleceu-se a hipótese nula (H_0) como sendo a de que não existe diferença significativa entre as médias dos períodos e a Normal Climatológica do INMET, e a hipótese alternativa aquela onde efetivamente existe diferença significativa entre as médias nesse nível de significância.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 USO DO SOLO

O desmatamento avançou substancialmente, cerca de 24% do total da área, durante o período de análise (1997 a 2006) (Figura 03). Em 1997 as florestas nativas ocupavam mais de 84% da área de estudo e o desflorestamento representava pouco mais de 15%. Nos 10 anos de análise, o desflorestamento

EFEITO DA OCUPAÇÃO DO SOLO SOBRE O CLIMA DE PORTO VELHO, RONDÔNIA, BRASIL

aumentou para aproximadamente 25% da área e a cobertura foi reduzida em aproximadamente 10 pontos percentuais (Tabela 01), remanescendo, na área de estudo, cerca de 75% de sua cobertura original.

Ao comparar o desflorestamento na área de estudo com os dados de desmatamento de Rondônia e do Amazonas, verifica-se que a taxa anual de desmatamento no estado de Rondônia foi superior ao observado para a região estudada. Até 2006, Rondônia tinha 32,1 % de sua área territorial desmatada enquanto que o estado do Amazonas possuía apenas 2,3 %. Observa-se também que o desflorestamento na área de estudo espalhou-se a partir dos eixos de desenvolvimento definidos nos anos 70 até a

década de 90, concentrando-se fortemente em regiões próximas às áreas de ocupação pioneira.

Estes resultados contrariam os de Fearnside (2006), que afirma que em Rondônia, Amazonas e ao longo da rodovia transamazônica no Pará, pequenos agricultores são agentes importantes no processo do desflorestamento, e que os atores e as forças que conduzem ao desflorestamento na Amazônia variam entre partes diferentes da região e ao longo do tempo. Alves (2001) afirma que no período entre 1991-1996, 87% do desflorestamento da Amazônia ocorreu dentro de 25 km de áreas de ocupação pioneira, cerca de 17% ocorreram dentro de 50 km do eixo da rodovia Cuiabá - Porto Velho - Rio Branco e 24% dentro de 50 km dos eixos ligando Cuiabá - Santarém e a Transamazônica.

EFEITO DA OCUPAÇÃO DO SOLO SOBRE O CLIMA DE PORTO VELHO, RONDÔNIA, BRASIL

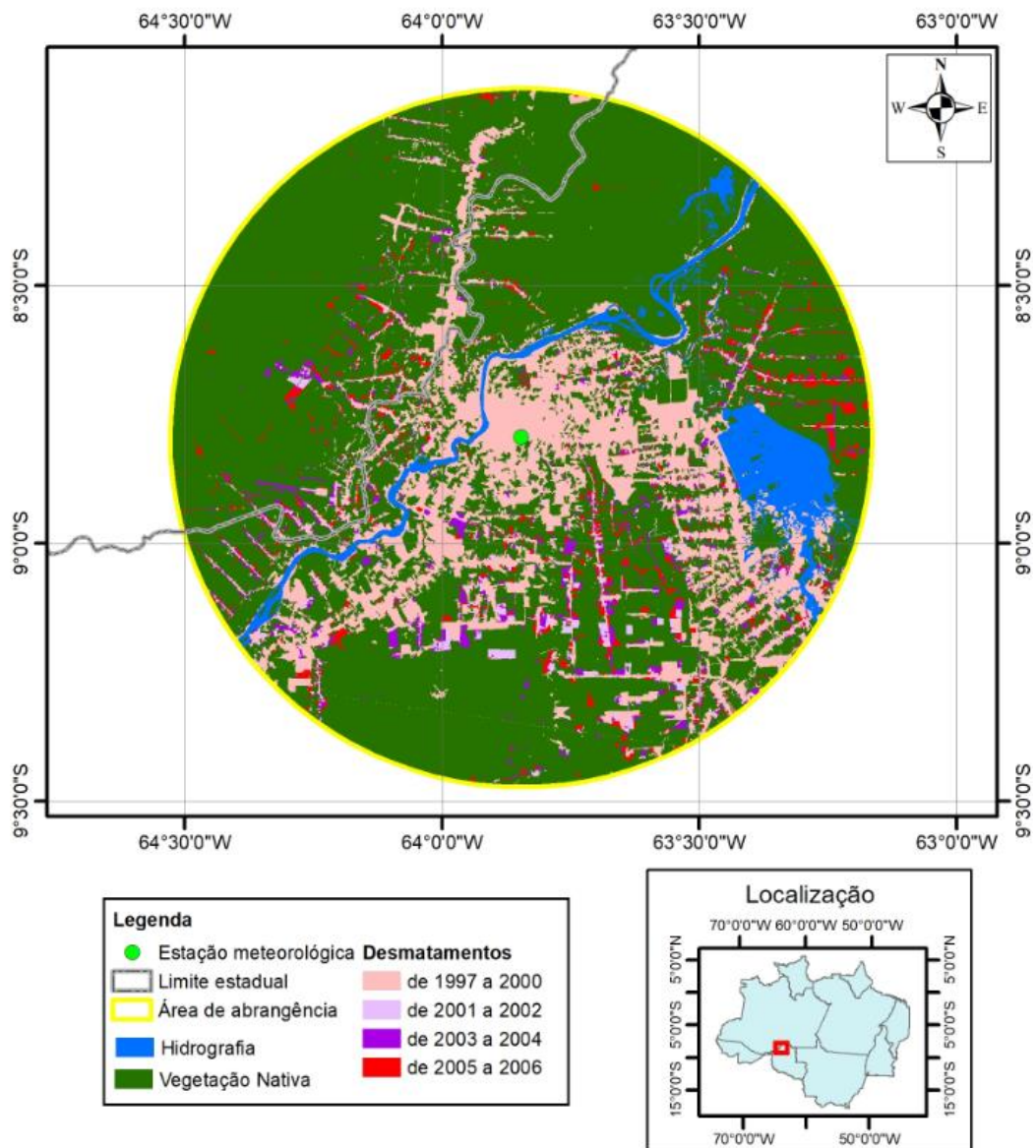


Figura 3 – Dinâmica do desmatamento na área de estudo

Tabela 1 – Desflorestamento na área de estudo no período de 1997 a 2006.

UF	DESFLORESTAMENTO (ha)			
	Até 1997	2000	2003	2006
Amazonas – AM	22.571,9	29.077,8	37.821,3	53.928,5
Rondônia – RO	241.158,9	281.138,9	324233,5	377.050,3
AM + RO	263.730,8	310.216,7	362054,8	430.978,8
% de desflorestamento	15,2	17,9	20,9	24,9
Incremento (ha)	-	46.485,9	51.838,1	68.924,0

3.2 TEMPERATURAS DO AR (MÉDIA, MÁXIMA E MÍNIMA)

A temperatura média do ar apresentou pequenas variações, tendo média e desvio padrão de $25,5 \pm 0,37^\circ\text{C}$ no período de 1945 a

2005 e de $25,7 \pm 0,38^\circ\text{C}$ e $25,4 \pm 0,33^\circ\text{C}$ nos períodos PRÉ- COL e COL, respectivamente. O coeficiente de variação (CV) nos períodos de estudo foi baixo, variando entre 1,5 e 1,3%, com uma pequena redução no período COL,

EFEITO DA OCUPAÇÃO DO SOLO SOBRE O CLIMA DE PORTO VELHO, RONDÔNIA, BRASIL

caracterizando pequena variabilidade interanual da temperatura média do ar, quando comparado à média dos demais períodos (Tabela 02).

Tabela 2 – Parâmetros estatísticos da temperatura média do ar para os períodos de estudo na região de Porto Velho-RO.

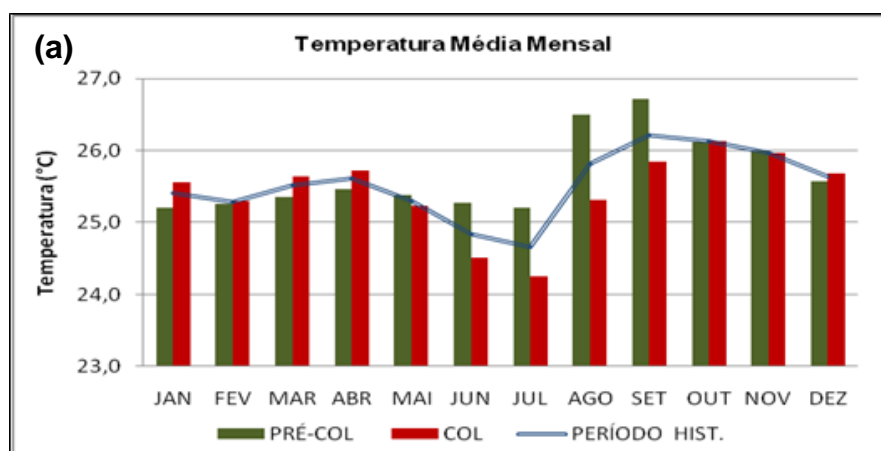
Parâmetros Analisados	Período histórico (1945 a 2005)	Pré-Colonização (1945 a 1970)	Processo de Colonização (1971 a 2005)
Média do ar (°C)	25,5	25,7	25,4
Desvio-padrão (°C)	0,37	0,38	0,33
Coef. Var. anual (%)	1,5	1,5	1,3

A temperatura média do ar em escala cronológica mensal, apresentou para o período histórico (1945 a 2005) os meses de setembro, outubro e novembro como os mais quentes, com média de 26,2, 26,1 e 26,0 °C, respectivamente. No entanto, os meses de junho e julho são os mais frios, com médias, respectivamente, de 24,8 e 24,7 °C. Para fases diferentes do processo de antropização (PRÉ-COL) e (COL) em comparação com a média histórica, observou-se que no período PRÉ-COL a temperatura média do ar foi superior na quadra seca (junho a setembro), enquanto que o período COL apresentou valores iguais ou superiores durante a temporada chuvosa (outubro a abril) e temperaturas mais baixas na quadra seca (Figura 4a).

A variabilidade interanual da temperatura média do ar apresentou uma tendência levemente crescente na ordem de 0,002 °C ano⁻¹, que corresponde a um acréscimo de 0,12 °C durante o período histórico, não

representando uma diferença significativa. Os anos de 1969 e 1970 foram os mais quentes, com média de 26,4 °C e 1975 o mais frio, com média de 24,8 °C. Os anos de 1959, 1963, 1967, 1969, 1970 e 1990 apresentaram variabilidade acentuada em relação à média histórica. Contudo, 1969, 1970 e 1990 foram os anos discrepantes em relação à média histórica, enquanto que os anos de 1974, 1975, 1976, 1978 e 1980 apresentaram desvios negativos (Figura 4b).

No período PRÉ-COL verificou-se uma tendência de aumento da temperatura média do ar na ordem de 0,043 °C ano⁻¹, correspondendo a um acréscimo de 1.1 °C. Já no período COL, fase onde ocorreu uma maior ação antrópica na região de estudo, foi observado um aumento de 0,8 °C, (Figuras 4c e 4d).



EFEITO DA OCUPAÇÃO DO SOLO SOBRE O CLIMA DE PORTO VELHO, RONDÔNIA, BRASIL

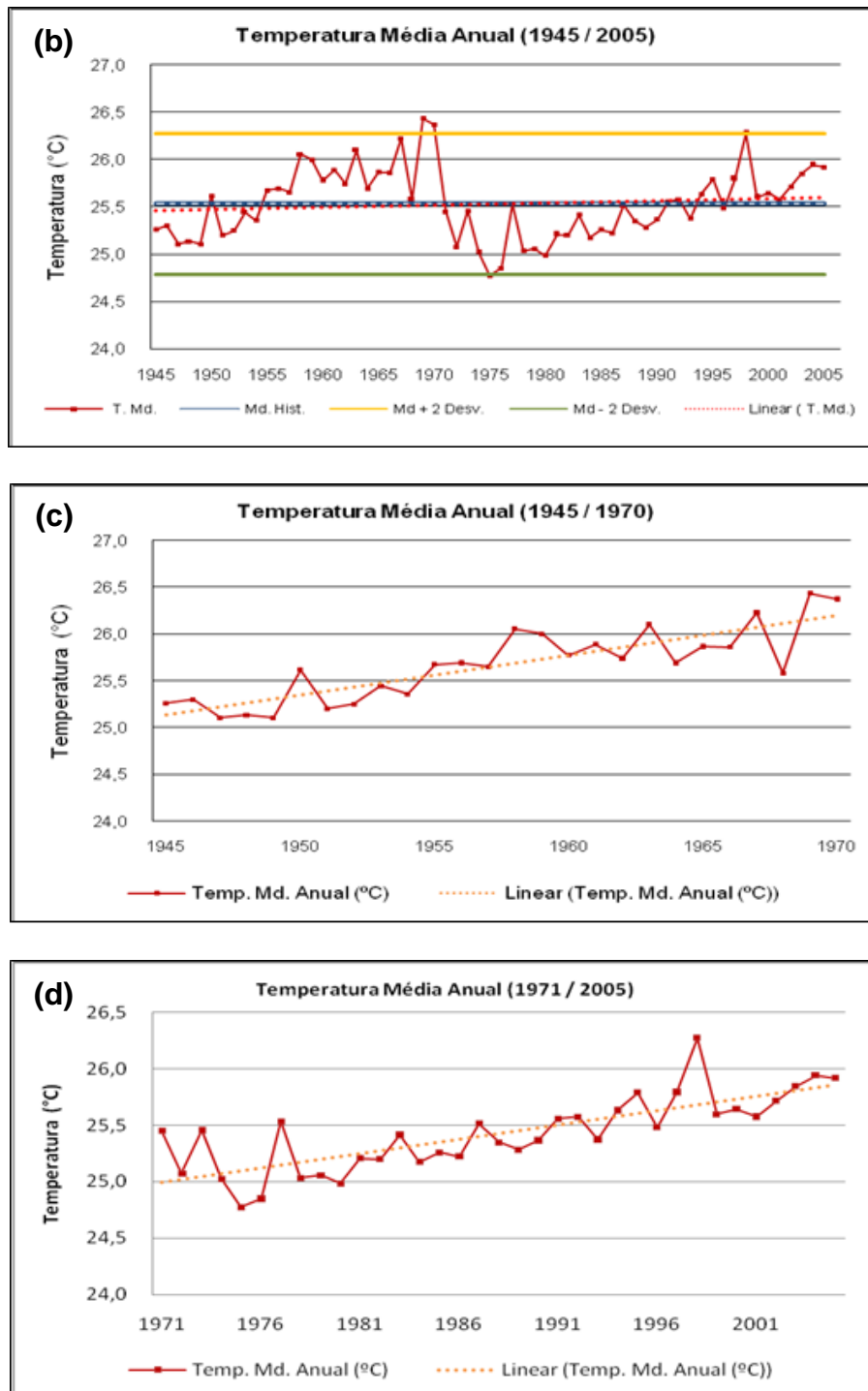


Figura 4 - Variação da temperatura média do ar para Porto Velho – RO: (a) média mensal nos períodos de 1945 a 1970, de 1971 a 2005 e de 1945 a 2005; (b) média anual no período de 1945 a 2005; (c) média anual no período de 1945 a 1970 e (d) média anual no período de 1971 a 2005.

A hipótese nula (H_0) pelo teste t de Student mostrou que há evidência para rejeitar H_0 nos três períodos de estudos. Pressupondo normalidade nos períodos estudados, não foi

detectada alteração climática significativa (Tabela 03). Ao ajustar uma reta às series de dados de temperatura média do ar, observa-se que não

EFEITO DA OCUPAÇÃO DO SOLO SOBRE O CLIMA DE PORTO VELHO, RONDÔNIA, BRASIL

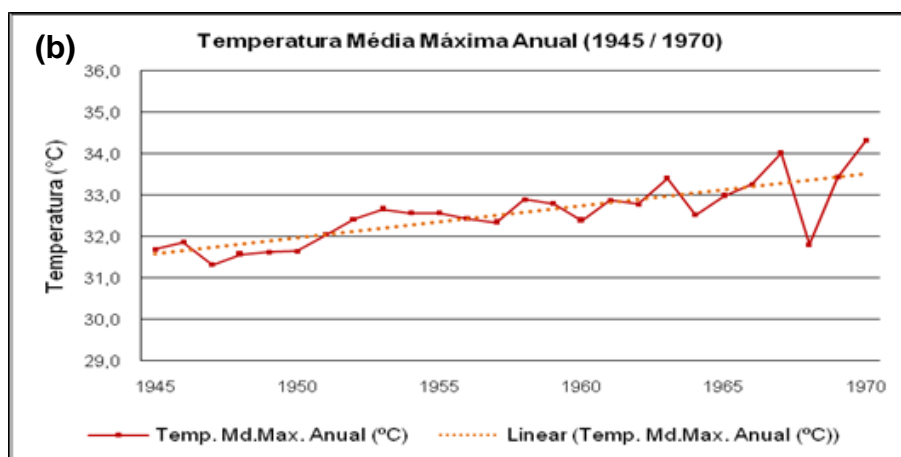
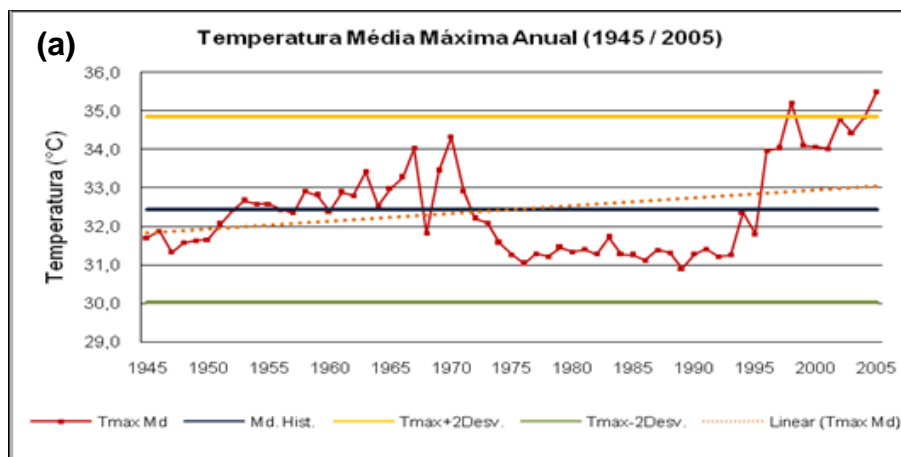
existe tendência significativa, desta variável, em nenhum período de estudo.

Tabela 3 - Resultado do teste t Student e da análise de regressão linear da temperatura média do ar para os períodos de estudo em Porto Velho-RO.

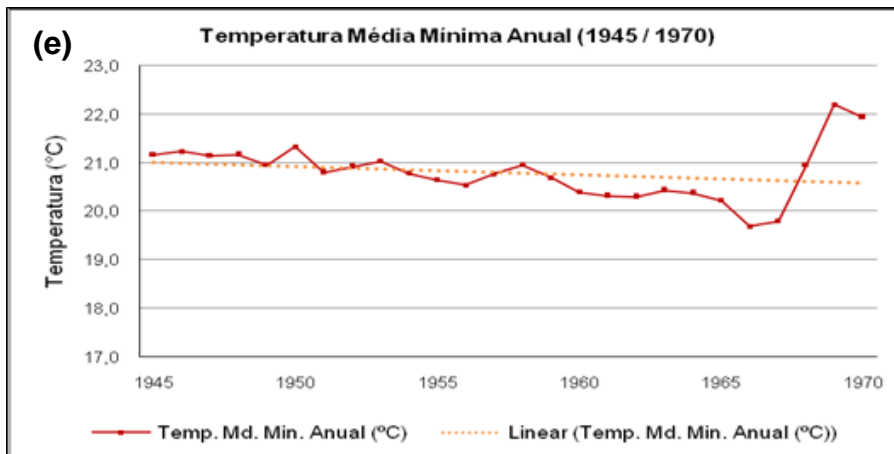
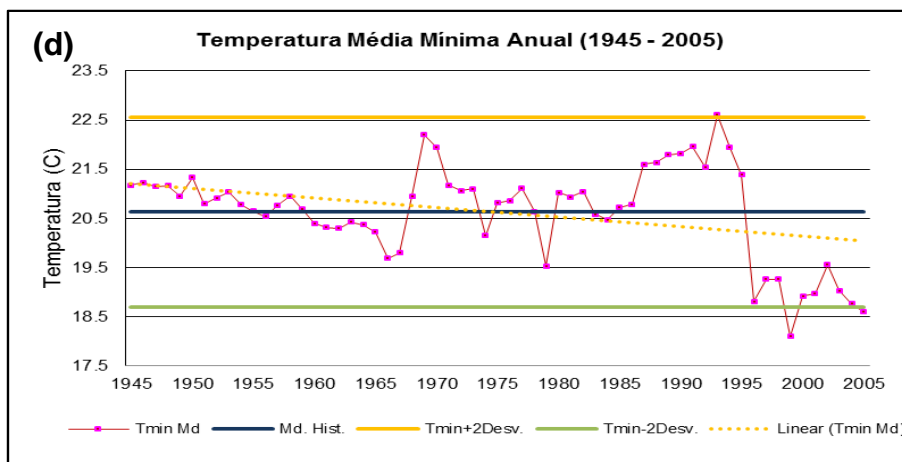
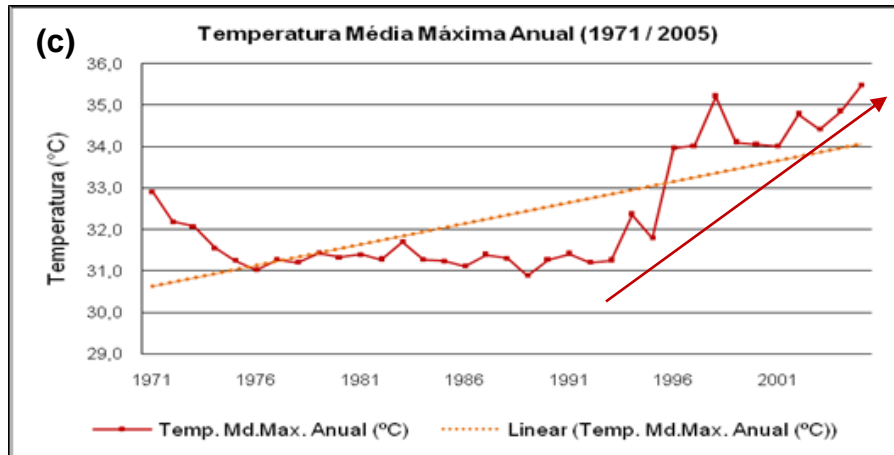
Período	Teste t de Student			Análise de Regressão Linear	
	T calculado	P valor	Int.. de Conf. (95%)	Coef. Ang.	Coef. Det. R ²
Histórico	6,91	0,0	25,4 a 25,7	0,002	0,0117
PRÉ-COL	6,17	0,0	25,5 a 25,8	0,043	0,713
COL	4,05	0,0	25,3 a 25,5	0,025	0,606

A temperatura máxima média do ar, durante o período de estudo a foi de 32,2 °C com desvio padrão de ± 1,21 °C. Os anos de 2005 e 1998 foram os mais quentes, com média máxima de 35,5 e 35,2 °C, respectivamente. Observou-se que há uma tendência positiva de 0,02 °C ano⁻¹, o que corresponde a um acréscimo de 1,2 °C ao

longo do período de estudo, porém uma pequena variabilidade interanual com CV de 3,7 % (Figura 5a). A temperatura mínima média no período histórico foi de 20,8 ± 0,96 °C, e os anos de 1999 e 2005 os que apresentaram valores mais discrepantes com médias de 18,1 e 19 °C, respectivamente (Figura 5d).



EFEITO DA OCUPAÇÃO DO SOLO SOBRE O CLIMA DE PORTO VELHO, RONDÔNIA, BRASIL



EFEITO DA OCUPAÇÃO DO SOLO SOBRE O CLIMA DE PORTO VELHO, RONDÔNIA, BRASIL

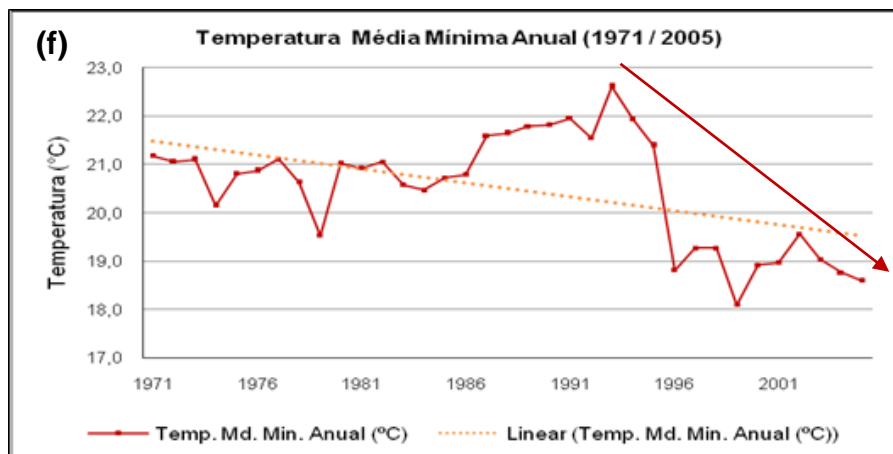


Figura 5 - Variação da temperatura média máxima e mínima do ar para Porto Velho – RO: (a) máxima anual no período de 1945 a 2005; (b) máxima anual no período de 1945 a 1970; (c) máxima anual no período de 1971 a 2005; (d) mínima anual no período de 1945 a 2005; (e) mínima anual no período de 1945 a 1970 e (f) mínima anual no período de 1971 a 2005

A temperatura média máxima dos períodos PRÉ-COL (32,6 °C) e COL (32,3 °C) não apresentou diferença estatística significativa e o desvio padrão foi maior no período COL do que no período PRÉ-COL (Tabela 04). Os coeficientes de variação (CV) foram baixos, e variaram entre 2,3 e 4,5 %, com um pequeno aumento no período COL, o que caracteriza pequena variabilidade interanual da temperatura média

do ar quando comparada à média dos demais períodos. Em períodos cronológicos pré-colonização e colonização, observou-se que no período COL ocorreu uma tendência de aumento mais acentuada, principalmente a partir da década de 90 (Figuras 5b e 5c). No período PRÉ-COL (1945 a 1970) notou-se um acréscimo de 1,9 °C enquanto que no período COL (1971 a 2005) o acréscimo foi de 3,4 °C.

Tabela 4 - Parâmetros estatísticos da temperatura máxima do ar para os períodos de estudo em Porto Velho-RO.

Parâmetros Analisados	Período Histórico (1945 a 2005)	Período Pré-Colonização (1945 a 1970)	Período de Colonização (1971 a 2005)
Média Máxima (°C)	32,2	32,6	32,3
Desvio-padrão (°C)	1,21	0,75	1,45
Coef. Var. anual (%)	3,7	2,3	4,5

O teste t de Student para as temperaturas máximas média do ar, também mostrou tendências para rejeitar H₀, nos três períodos de estudos (Tabela 05). Esse resultado pressupõe normalidade e não indica alteração climática significativa. A reta para às series de

dados de temperatura máxima média do ar, apresentou uma tendência significativa de aumento nas últimas décadas do período COL. Contudo, esse aumento não pode ser considerado como alteração climática, em função do pequeno período de observação.

EFEITO DA OCUPAÇÃO DO SOLO SOBRE O CLIMA DE PORTO VELHO, RONDÔNIA, BRASIL**Tabela 5** - Resultado do teste t - Student e da análise de regressão linear da temperatura máxima do ar para os períodos de estudo em Porto Velho-RO.

Período	Teste t de Student			Análise de Regressão Linear	
	T calculado	P valor	Int.. de Conf. (95%)	Coef. Ang.	Coef. Det. R ²
Histórico	8,64	0,0	32,1 a 32,7	0,020	0,088
PRÉ-COL	9,83	0,0	32,2 a 32,8	0,077	0,030
COL	5,05	0,0	31,8 a 32,8	0,101	0,505

A temperatura média mínima do ar apresentou tendência decrescente de - 0,019 °C ano⁻¹. Ou seja a uma redução de 0,8 °C ao longo dos 61 anos de dados, com pequena variabilidade interanual e CV de 4,7 % (Tabela 06).

No período PRÉ-COL verificou-se uma tendência de redução na ordem de 0,02 °C ano⁻¹

ou decréscimo de 0,4 °C em todo o período. O período COL apresentou uma redução de 0,06 °C ano⁻¹, ou decréscimo de 1,9 °C em todo o período (Figuras 5e e 5f). Assim, como observado na temperatura média máxima do ar, esta redução foi mais acentuada após a década de 90.

Tabela 6 - Parâmetros estatísticos da temperatura mínima do ar para os períodos de estudo.

Parâmetros Analisados	Período Histórico (1945 a 2005)	Período Pré-Colonização (1945 a 1970)	Período de Colonização (1971 a 2005)
Mínima Média (°C)	20,8	20,8	20,5
Desvio-padrão (°C)	0,96	0,56	1,17
Coef. Var. anual (%)	4,7	2,7	5,7

A temperatura mínima média do ar no período COL, de acordo com o teste t de Student, não segue o padrão da Normal Climatológica do INMET, o que indica alteração em relação a

mesma (Tabela 07). Para o período histórico e PRÉ-COL, os resultados são significantes, não sendo evidenciando alteração climática no período.

Tabela 7 - Resultado do teste t Student e da análise de regressão linear da temperatura mínima média do ar para os períodos de estudo em Porto Velho-RO.

Período	Teste t de Student			Análise de Regressão Linear	
	T calculado	P valor	Int.. de Conf. (95%)	Coef. Ang.	Coef. Det. R ²
Histórico	-2,18	0,03	20,4 a 20,9	-0,019	0,126
PRÉ-COL	-0,90	0,38	20,6 a 21,0	-0,016	0,050
COL	-2,00	0,05	20,1 a 20,9	-0,057	0,254

O curso temporal da variabilidade interanual da temperatura máxima e mínima do ar, para o período de estudo, mostra que no período de colonização (1971 a 2005) ocorreu um aumento significativo da temperatura máxima do ar e uma redução da temperatura mínima do ar

após a década de 90 (Figura 6). Essa variação caracteriza um aumento da amplitude térmica do ar (Δt). Neste período, foi detectado um acréscimo de 18 % no desmatamento de Rondônia e 6 % na Amazônia.

EFEITO DA OCUPAÇÃO DO SOLO SOBRE O CLIMA DE PORTO VELHO, RONDÔNIA, BRASIL

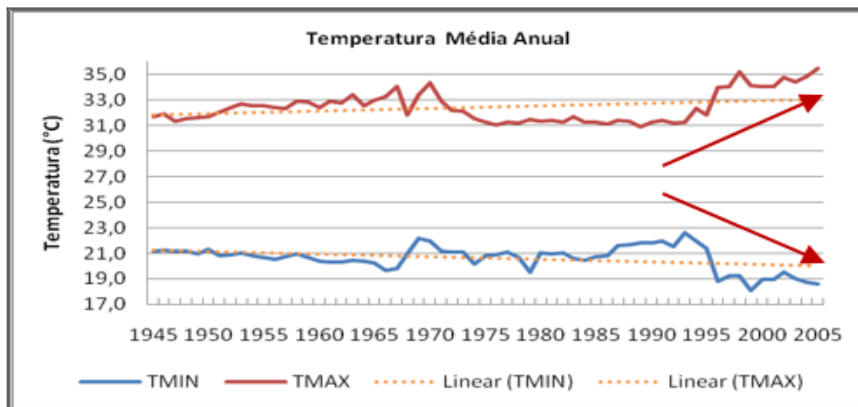
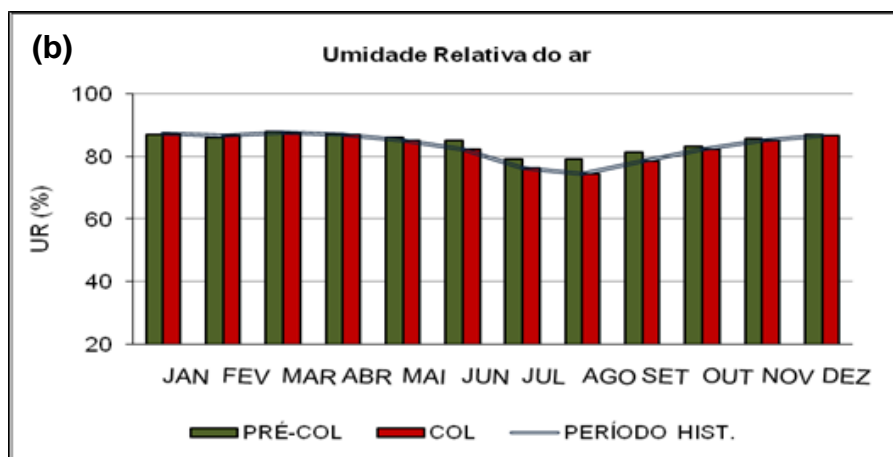
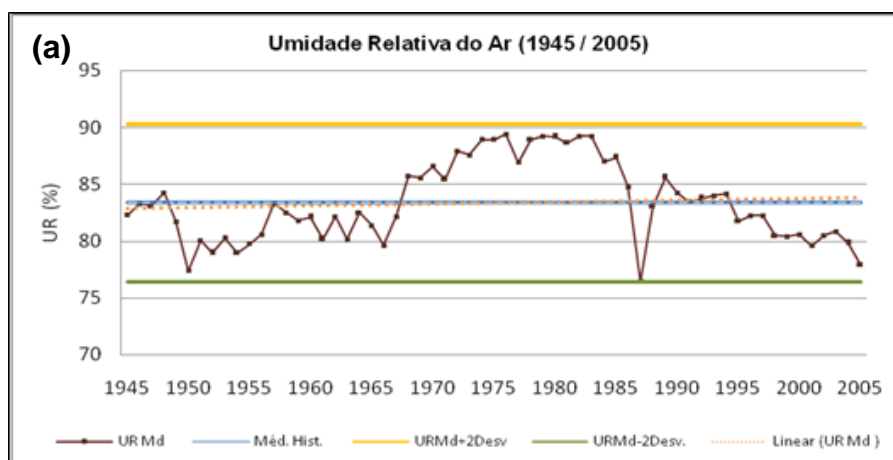


Figura 6 - Variação da amplitude térmica média do ar para Porto Velho – RO

3.3 UMIDADE RELATIVA DO AR

A variabilidade interanual da Umidade Relativa do Ar observada no período de estudo apresenta média e desvio padrão de $83 \pm 3,78 \%$ no período de 1945 a 2005. Notou-se também uma pequena tendência de aumento ao longo dos anos na ordem de $0,016 \%$ ano⁻¹, o que corresponde a um aumento de 1 % (Figura 7a).

Nos períodos PRÉ e PÓS colonização a média e desvio padrão foram de $82 \pm 2,22 \%$ e de $85 \pm 3,78 \%$, respectivamente. A diferença do coeficiente de variação (CV) nestes períodos também foi relativamente baixa 2,7 e 4,5 % (Tabela 08), mas ao observar a umidade relativa média do ar no período COL nota-se que houve acentuada tendência decrescente.



EFEITO DA OCUPAÇÃO DO SOLO SOBRE O CLIMA DE PORTO VELHO, RONDÔNIA, BRASIL

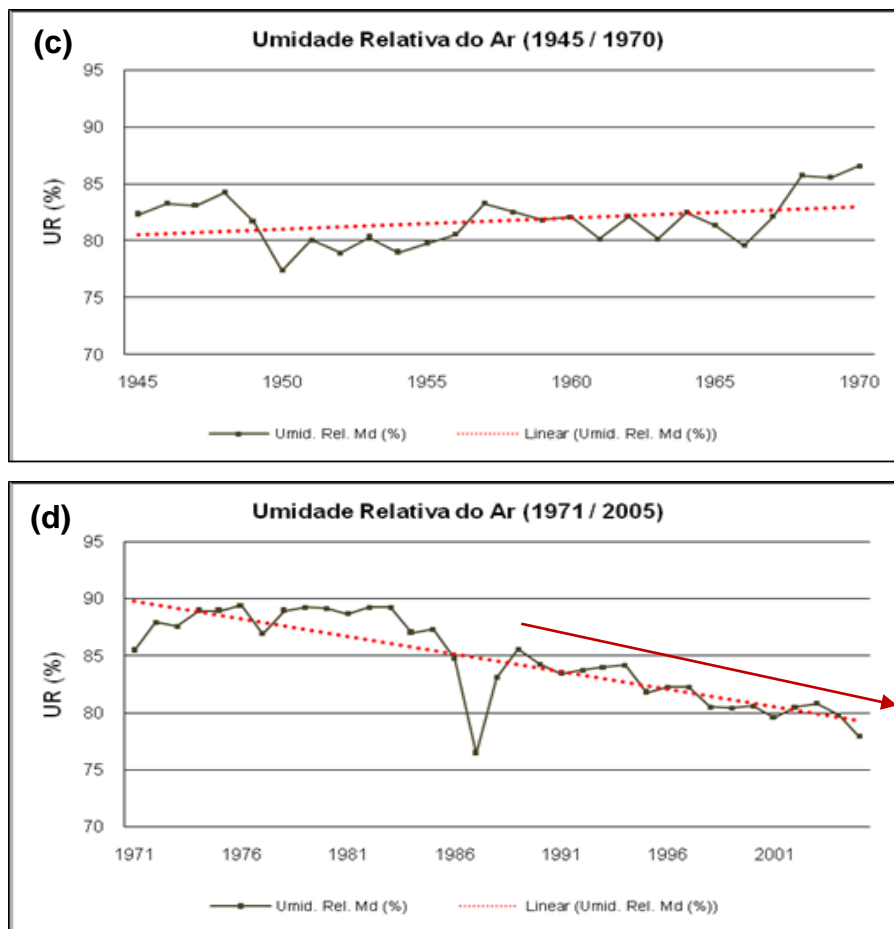


Figura 7 - Variação da umidade relativa do ar para Porto Velho – RO: (a) média anual no período de 1945 a 2005; (b) média mensal nos períodos de 1945 a 1970, de 1971 a 2005 e de 1945 a 2005; (c) média anual no período de 1945 a 1970 e (d) média anual no período de 1971 a 2005.

Tabela 8 - Parâmetros estatísticos da umidade relativa do ar para os períodos de estudo em Porto Velho-RO.

Parâmetros Analisados	Período Histórico (1945 a 2005)	Período Pré-Colonização (1945 a 1970)	Período de Colonização (1971 a 2005)
Média (%)	83	82	85
Desvio-padrão (%)	3,78	2,22	3,48
Coef. Var. anual (%)	4,2	2,7	4,5

Em escala cronológica mensal, verifica-se que nos meses de maio a outubro a umidade relativa do ar média foi superior no período PRÉ-COL quando comparado ao período COL (Figura 7b). Essa condição contradiz o observado na temperatura média do ar quando mostra que no

período PRÉ-COL a mesma apresentou valores mais elevados no período seco e de transição (maio a setembro). Os parâmetros estatísticos da umidade relativa média do ar são mostrados na Tabela (09).

EFEITO DA OCUPAÇÃO DO SOLO SOBRE O CLIMA DE PORTO VELHO, RONDÔNIA, BRASIL**Tabela 9** - Resultado do teste t Student e da análise de regressão linear da umidade relativa média do ar para os períodos de estudo em Porto Velho-RO.

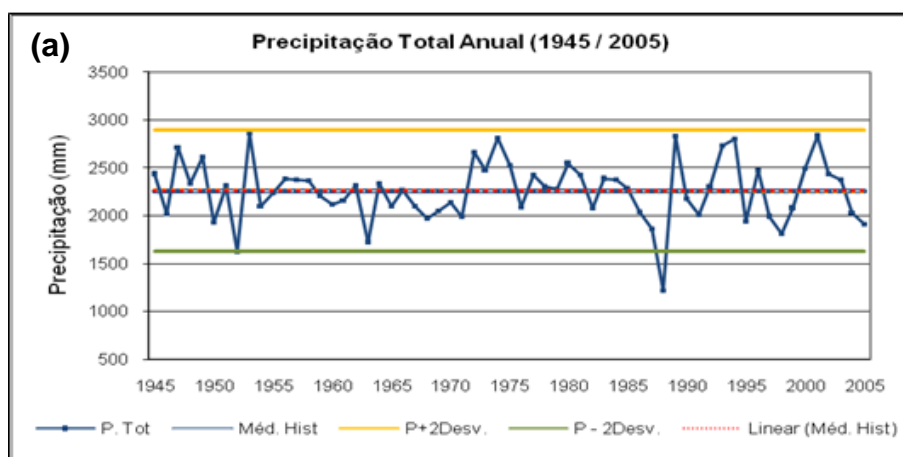
Período	Teste t de Student			Análise de Regressão Linear	
	T calculado	P valor	Int.. de Conf. (95%)	Coef. Ang.	Coef. Det. R ²
Histórico	-3,65	0,001	82,5 a 84,3	0,016	0,007
PRÉ-COL	-7,39	0,00	80,9 a 82,7	0,097	0,112
COL	-2,44	0,022	83,3 a 85,9	-0,308	0,695

A variabilidade interanual da umidade relativa média do ar nos períodos PRÉ-COL e COL mostrou características contrárias, onde foi verificado um pequeno aumento no período PRÉ-COL na ordem de $0,09 \text{ \% ano}^{-1}$, o que corresponde a uma redução de 2,2% no período e uma redução mais acentuada no período COL na ordem de $0,31 \text{ \% ano}^{-1}$, ou seja, uma redução de 10 % no período. Ao testar a hipótese da variabilidade em relação à Normal Climatológica pelo teste t de Student, os resultados mostram que há evidência para rejeitar H_0 , no período histórico e PRÉ-COL, pressupondo normalidade, enquanto que no período COL essa tendência configura-se como não significativa (p valor igual a 0,022), sendo evidenciada alteração climática (Figuras 7c e 7d).

Essa redução da umidade relativa do ar foi observada desde os anos 80, sendo mais acentuada a partir da década de 90, comportamento também verificado na temperatura máxima, onde observou-se um aumento mais significativo, e na temperatura mínima média do ar uma redução mais acentuada.

3.4 PRECIPITAÇÃO TOTAL ANUAL

A precipitação pluviométrica apresentou pequena variação ao longo do período de estudo (1945 a 2005), com média e desvio padrão de $2.259 \pm 348,6 \text{ mm ano}^{-1}$ e tendência levemente decrescente na ordem de $-0,36 \text{ mm ano}^{-1}$ ou redução de aproximadamente 294 mm para todo o período. Nos períodos PRÉ-COL e COL foi de $2223,0 \pm 272,58 \text{ mm ano}^{-1}$ e $2286,6 \pm 348,55 \text{ mm ano}^{-1}$, respectivamente (Tabela 10). Os anos de 1952, 1963, 1988 e 1998 foram os mais secos, sendo 1988 o ano mais discrepante com menor índice pluviométrico apresentando um total anual de 1220 mm e os anos de 1947, 1953, 1972, 1974, 1989, 1993, 1994 e 2001 os mais chuvosos, onde 1953 foi o que apresentou o maior índice com 2859,7 mm. Nestes períodos não foi observado tendência significativa em relação ao aumento ou diminuição da precipitação (Figura 8a). As médias dos períodos foram muito próximas, sem diferenças estatística significativas. Porém, o desvio padrão e o coeficiente de variação anual do período COL foram maior do que no período PRÉ-COL.



EFEITO DA OCUPAÇÃO DO SOLO SOBRE O CLIMA DE PORTO VELHO, RONDÔNIA, BRASIL

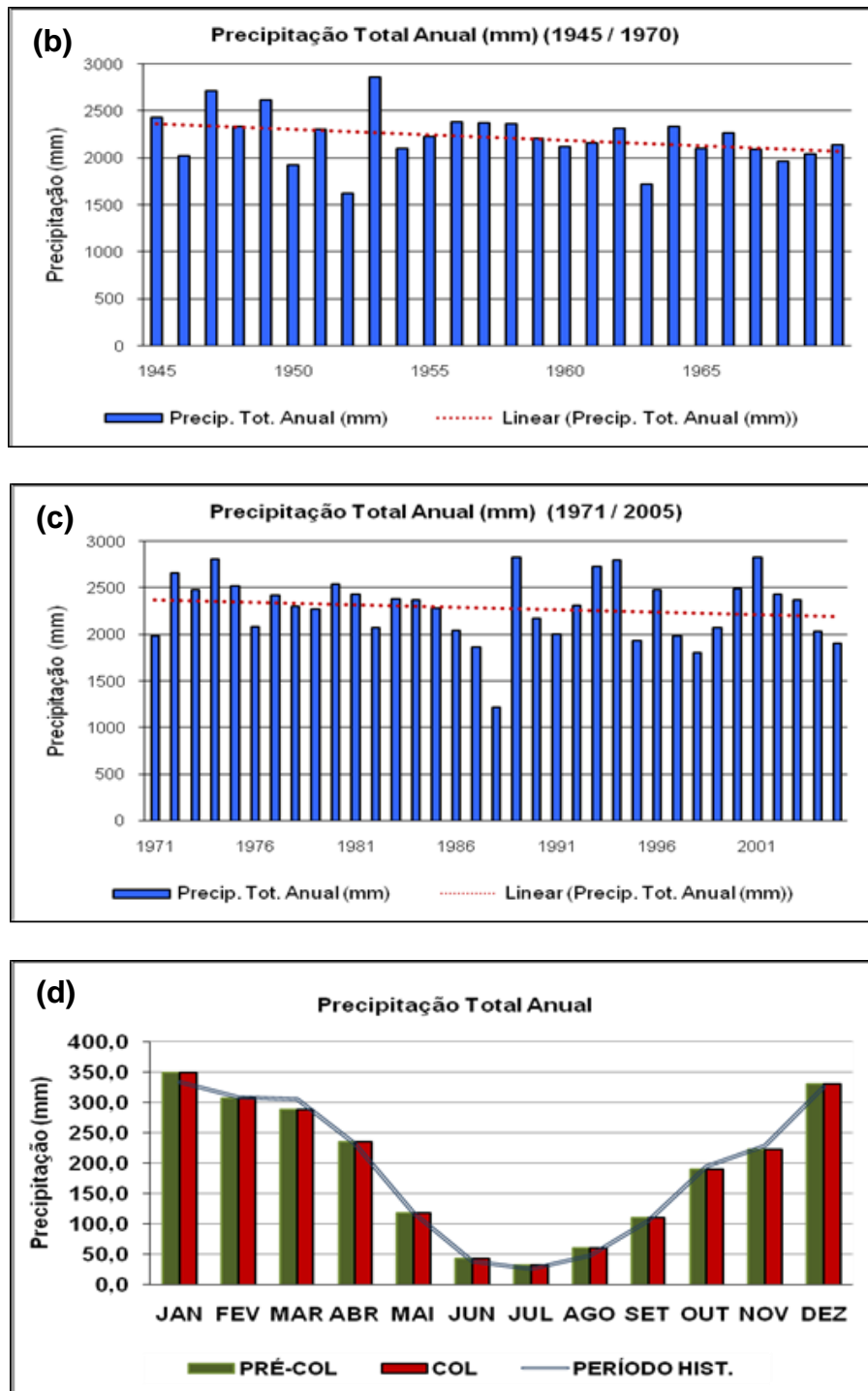


Figura 8 - Total anual de precipitação média mensal para Porto Velho – RO: (a) média total anual no período de 1945 a 2005; (b) média total anual no período de 1945 a 1970; (c) média total anual no período de 1971 a 2005 e (d) média total mensal nos períodos de 1945 a 1970, de 1971 a 2005 e de 1945 a 2005.

EFEITO DA OCUPAÇÃO DO SOLO SOBRE O CLIMA DE PORTO VELHO, RONDÔNIA, BRASIL**Tabela 10** - Parâmetros estatísticos da precipitação pluviométrica para os períodos de estudo em Porto Velho-RO.

Parâmetros Analisados	Período Histórico (1945 a 2005)	Período Pré-Colonização (1945 a 1970)	Período de Colonização (1971 a 2005)
Total Anual (mm ano ⁻¹)	2228,7	2223,0	2286,8
Desvio-padrão (mm)	317,51	272,58	348,55
Coef. Var. anual (%)	14,1	12,3	15,2

A análise da série de dados de chuva em períodos cronológicos mostrou que no período PRÉ-COL a média do total anual da precipitação foi menor do que no COL. No período de 1945 a 1970 foi observada uma tendência de redução de 293,5 mm da precipitação total anual contra 177,9 mm no período de 1971 a 2005 (Figuras 8b e 8c).

A precipitação total média mensal nos períodos PRÉ-COL e COL não apresentou uma uniformidade no comportamento ao longo dos meses do ano. Foi verificado que nos meses de fevereiro, março, maio, outubro e novembro a precipitação média mensal foi superior no período PRÉ-COL enquanto que nos meses de janeiro, abril, junho, julho, agosto, setembro e dezembro a precipitação média mensal foi maior no período COL (Figura 8d).

Os parâmetros estatísticos da precipitação total anual nos três períodos analisados são mostrados na Tabela 11. Observa-se que, quando comparado as séries de dados, a Normal Climatológica do INMET (1961 – 1990) pelo teste t de Student, aos níveis de significância de 5% de probabilidade apontam que no período histórico e no PRÉ-COL os resultados são significantes, pressupondo normalidade, enquanto que no período COL os resultados mostram que os dados não são estatisticamente significantes, podendo ser detectada alguma alteração no período. O MDV, obtido pela subtração do MDS pelo MDT permitiu especializar a altura da vegetação do reflorestamento de pinus e das áreas com vegetação nativa. A validação do MDV indicou que a maior diferença foi de -0,9 m e a menor foi de 0,22 m e EP = 0,54 m.

Tabela 11 - Resultado do teste t Student e da análise de regressão linear da precipitação total anual para os períodos de estudo em Porto Velho-RO.

Período	Teste t de Student			Análise de Regressão Linear	
	T calculado	P valor	Int.. de Conf. (95%)	Coef. Ang.	Coef. Det. R ²
Histórico	-2,31	0,024	2.178,3 a 2.340,9	-0,36	0,082
PRÉ-COL	-2,44	0,022	2.112,9 a 2.333,2	-11,73	0,001
COL	-1,13	0,264	2.167,1 a 2.406,7	-5,23	0,023

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No período de estudo, as séries de dados de temperatura do ar (média, máxima e mínima), umidade relativa do ar e precipitação pluviométrica apresentaram desvios positivos e negativos em relação à sua média histórica, apresentando tendências não significativas de aumento ou diminuição em relação ao valor médio.

A temperatura média do ar apresentou tendência ligeiramente crescente no período pré-colonial (1945 a 1970), quando comparado com os dados do período pós-ocupação (1971 a 2005). A temperatura média máxima do ar, no período

pós-colonial 1971 a 2005 foi maior em comparação ao pré-colonização, enquanto que a temperatura média mínima do ar reduziu no período de 1971 a 2005, evidenciando um aumento na amplitude térmica.

A umidade relativa do ar apresentou uma tendência de redução no período de 1945 a 2005, sendo bem mais evidenciado no período de 1971 a 2005, principalmente após a década de 80. Verifica-se que nesse período ocorreu uma redução de mais de 10%.

A área de estudo apresentou uma dinâmica de desmatamento com incrementos inferiores ao mensurado no estado de Rondônia,

EFEITO DA OCUPAÇÃO DO SOLO SOBRE O CLIMA DE PORTO VELHO, RONDÔNIA, BRASIL

mas superior ao mensurado no estado do Amazonas e na Amazônia. Mesmo passando por um processo de supressão da vegetação nativa a partir do desmatamento, e sendo constatadas tendências não significativas, não foi possível evidenciar o cenário de alterações climáticas na região de estudo.

Os resultados aqui apresentados demonstraram a complexidade de se entender a oscilação das variáveis climática devido ao efeito antrópico. A falta de longa série histórica de dados, em diferentes áreas, torna-se um atenuante nessa complexidade. Com a atual rede de estações meteorológicas no País, espera-se em breve, poder relacionar e interpolar uma série histórica de dados em diferentes localidades.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, F.S.M.; FISCH, G.; VENDRAME, J.F. Modificações do Microclima e Regime Hidrológico devido ao Desmatamento na Amazônia. Um estudo de Caso em Rondônia (RO), Brasil. ACTA AMAZÔNICA 29(3): 395-409, 1999.
- ALVES, D. S. O processo de desmatamento na Amazônia. Modelos e cenários para a Amazônia: o papel da ciência. In Parcerias Estratégicas, n. 12, p.259-275, 2001.
- AVISSAR, R. & WERTH, D. "Teleconnections between Tropical Deforestation and Midlatitude Precipitation". Eos. Trans. AGU. vol. 84, n. 46, Fall Meet. Suppl., Abstract, 2003. <http://www.agu.org/meetings/fm03/fm03-pdf/fm03-B32A.pdf>, visitado em 30/06/2009.
- CORREIA, F.W.S.; MANZI, A.O.; CÂNDIDO, L.A.; SANTOS, R.M.N.; PAULIQUEVIS, T. Balanço de umidade na Amazônia e sua sensibilidade às mudanças na cobertura vegetal. Cienc. Cult., 59 (3). São Paulo. 2007.
- DE SOUZA, E. B.; FERREIRA, D. B. S.; GUIMARÃES J. T. F.; FRANCO, V. S.; AZEVEDO, F. T.M. SOUZA, P. J. O.P. Padrões Climatológicos e Tendências da Precipitação nos Regimes Chuvoso e Seco da Amazônia Oriental. Revista Brasileira de Climatologia, [S.l.], v. 21, set. 2017. ISSN 2237-8642.
- FEARNSIDE, P. M. Climate Change as a Threat to the Tropical Forests of Amazonia. In: Climate Change Science and Policy., Chapter 9, Cambridge University Press, California, U.S.A, 2007.
- FEARNSIDE, P. M., A. T. Tardin e L.G.M. Filho. A Floresta Amazônica nas mudanças globais. Manaus, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), 134 p, 2003.
- _____, Desmatamento na Amazônia Brasileira: História, Índices e Conseqüências. MEGADIVERSIDADE, Volume 1, 2005.
- _____, Deforestation in Amazonia. Encyclopedia of Earth. Eds. C.J.
- FERREIRA DA COSTA, R; FEITOSA, J.R.P.; FISCH, G.; SOUZA, S.S.; NOBRE, C. A. 1998. Variabilidade Diária da Precipitação em regiões de floresta e de pastagem na Amazônia. ACTA AMAZÔNICA 28(4): 395-408, 1998.
- FISCH, G.; LEAN, J.; WRIGHI, J. R.; NOBRE, C. A. Simulação Climática do Efeito do Desmatamento na Região Amazônia: Estudo de Um Caso em Rondônia. Revista Brasileira de Meteorologia, 1997.
- INMET. Manual de Observações Meteorológicas (1961-1990). Brasília, 84 p. 1992.
- HOUGHTON, R.A. Tropical deforestation and atmospheric carbon dioxide. Climate Change, 19:p 99-118, 1991.
- HOUGHTON, R. A. et al. "Annual Fluxes of Carbon from Deforestation and Regrowth in the Brazilian Amazon". Nature, n.º 403, p. 301-304, 2000.
- LINHARES, C.A.; SOARES, J.V.; BATISTA, G.T. Influência do Desmatamento na Dinâmica da Resposta Hidrológica na Bacia do Ji-Paraná. In: Anais Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12, p. 3097-3105, Goiânia-GO, 2005.
- MOLION, L. C.B. Aquecimento global: uma visão crítica. Revista Brasileira de Climatologia, 18 p., 2008.
- NOBRE, C.A; SELLERS. P.J.; SHUKLA, J. Amazonian Deforestation and Regional Climate Change, journal of Climate, Boston, V4, p. 957-988, 1991.
- NÓBREGA, R. S. Modelagem de Impacto do Desmatamento dos recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Jamari (RO) utilizando dados de Superfície e do TRMM . Tese (Doutorado do Curso de Doutorado em Meteorologia). Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campina Grande - PB, 2008.

EFEITO DA OCUPAÇÃO DO SOLO SOBRE O CLIMA DE PORTO VELHO, RONDÔNIA, BRASIL

- PEDLOWSKI, M.; DALE, V.; MATRICARDI E. A criação de Áreas Protegidas e os Limites da Unidade de Conservação Ambiental em Rondônia. *Ambiente & Sociedade* – Ano II, N.º 5, 1999.
- PIMENTEL-GOMES, F. Curso de estatística experimental. 12. ed. São Paulo, Nobel, 1987. 466p.
- QUERINO C. A. S.; BENEDITTI, C. A.; MACHADO, N. G.; SILVA, M. J. G.; QUERINO, J. K. A. S.; SANTOS NETO, L. A.; BIUDES, M. S. B. Spatiotemporal NDVI, LAI, albedo, and surface temperature dynamics in the southwest of the Brazilian Amazon forest. *Journal of Applied Remote Sensing*. v.10 (2), p. 026007-1 – 026007-12. 2016
- RONDÔNIA, Governo do Estado de Rondônia. Boletim Climatológico de Rondônia, ano 2006. Governo do Estado de Rondônia. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental (SEDAM). 40p. Porto Velho, Rondônia, 2007
- SANTIAGO, A. V. Simulação dos efeitos da cobertura vegetal no balanço hídrico da bacia do rio Ji-Paraná. Tese (Doutorado Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba - SP, 2005.
- SATYAMURTY, P; CASTRO, A. A.; TOTA, J.; GULARTE, L. E. S.; MANZI, A. O. Rainfall trends in the Brazilian Amazon Basin in the past eight decades. *Theoretical and Applied Climatology*, v. 99, n. 1-2, p. 139-148, 2010.
- SILVA DIAS, M. A. F. et al. "Cloud and Rain Processes in Biosphere-Atmosphere Interaction Context in the Amazon Region". *Journal of Geophysical Research*, n.º 107, 2002.
- VAREJÃO SILVA, M.A. *Meteorologia e Climatologia*. INMET, Gráfica e Editora PAX, Brasília-DF, 515p, 2001.
- WMO. Manual on the Global Observing System. World Meteorological Organization. Geneva, p. 50. 2003.