



ISSN:1984-2295

Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe



Estudo da Ocorrência de Mudanças Temporais na Precipitação e Descarga da Sub-bacia do Rio Itacaiúnas, Sudeste da Amazônia

Rosiane Cleide Oliveira¹, Rodrigo da Cruz de Araujo²

¹Bolsista do CNPq. Universidade Federal do Pará, Campus Universitário de Tucuruí. Rodovia BR 422, km13, S/N. Canteiro de Obras da UHE-Tucuruí-PA, Brasil.

²Professor da Universidade Federal do Pará, Campus Universitário de Tucuruí. Rodovia BR 422 km13, S/N. Canteiro de Obras da UHE-Tucuruí-PA, Brasil.

Artigo recebido em 09/10/2012 e aceito em 17/12/2012

RESUMO

Estudos apontam que a substituição da cobertura vegetal natural em uma determinada bacia hidrográfica costuma provocar alteração nas características hidrológicas da mesma. O presente estudo procura verificar se ocorreram tais mudanças na precipitação e descarga anuais de uma sub-bacia no estado do Pará. São observadas ainda se podem ser constatadas mudanças nos picos de precipitação e descarga, ou seja, nos padrões dos trimestres chuvoso e de estiagem e de cheia e de seca, para uma sub-bacia no estado do Pará. É apresentada, então, uma análise da série histórica de dados hidrológicos da área para dois períodos distintos, na qual as hipóteses levantadas acima são checadas por meio de testes estatísticos.

Palavras-chave: bacia hidrográfica de grande escala, hidrologia, variabilidade pluviométrica.

Study of the Occurrence of Temporal Changes in Precipitation and Discharge of the Sub-basin of Rio Itacaiúnas, Southeast Amazon

ABSTRACT

Studies indicate that the replacement of natural vegetation cover in a given river basin tends to cause changes in the hydrological characteristics of the same. This study seeks to determine whether such changes occur in annual precipitation and discharge of a sub-basin in the state of Pará. The research also verifies if any changes have occurred at the peaks of precipitation and discharge, i.e, in rainy/dry and drought/flood seasons patterns. So, is displayed the analysis of time series of hydrological data of the area for two distinct periods in which the above hypothesis are checked by means of statistical tests.

Keywords: large-scale river basin, hydrology, climate variability

1. Introdução

Dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) (2011) apontam que o Pará vem sendo um dos estados brasileiros com avanço do desmatamento mais acelerado, ao lado do Mato Grosso. Correspondendo nos últimos anos, em média, a 33% da taxa de desmatamento anual de toda Amazônia Legal.

Uma das consequências do desmatamento se refere aos efeitos que a mudança da cobertura vegetal de uma região

de floresta pode acarretar sobre os parâmetros do ciclo hidrológico na mesma. De modo geral, a evapotranspiração (ET) anual para uma dada floresta tende a estar correlacionada com a pluviometria anual, como um resultado de maior interceptação da chuva nos anos chuvosos e de uma limitação na transpiração pelo déficit de umidade do solo nos anos secos (Bruijnzeel, 1990).

Conforme Costa et al. (2003, 2007) e Coe et al. (2009), observações no comportamento de bacias hidrográficas indicam que o desmatamento reduz a evapotranspiração e aumenta o fluxo do canal.

* E-mail para correspondência: rosianetuc@yahoo.com.br.

Bruijnzeel (1990) faz uma revisão do estado de conhecimento da hidrologia de florestas tropicais, expondo que dezenas de têm apontado que o aumento do desflorestamento causa aumento da descarga anual, mas ressalta que quase todos os estudos apresentados na literatura foram para bacias de captação relativamente pequenas, em que a maior parte das condições experimentais pode ser bem controlada, apontando ainda que os estudos dos efeitos de mudanças na cobertura vegetal em grandes bacias (>100 km²) em geral não têm conseguido encontrar relações estatisticamente significativas indicando tais tendências.

Diversos estudos apontam, porém, que o desmatamento em uma maior escala pode ter efeitos diferentes. Observações de campo (Gash & Nobre, 1997) e simulações numéricas (Nobre et al, 1991; Costa & Foley, 2000; Sampaio et al., 2007; Coe et al., 2009) revelam que o desmatamento da Amazônia em grande escala poderia provocar alterações no clima regional. Dentre essas mudanças, destaca-se aqui a tendência de redução da precipitação. Nesse aspecto, Costa et al. (2007) expõem que em micro e meso escala o desmatamento tende a resultar em ET reduzida e *runoff* e vazão aumentada. Em larga escala, porém, interações atmosféricas podem reduzir significativamente a precipitação regionalmente, e, se tal efeito for superior às mudanças locais na ET, pode resultar em redução na descarga e *runoff*.

Bruijnzeel (1990) destaca que, tão importante quanto a análise de mudanças na descarga total do canal, é a análise de mudanças no regime, ou seja, na distribuição sazonal desse fluxo.

Qian (1983) e Dyhr-Nielsen (1986, *apud* Bruijnzell, 1990) realizaram pesquisas em bacias de meso-escala (respectivamente em Taiwan e Norte da Tailândia) que haviam passado por extenso desmatamento e não conseguiram detectar tendência sistemática na magnitude das enchentes, concluindo que fatores climáticos dominavam/preponderavam qualquer efeito de mudança no uso da terra.

Desta forma, faz-se relevante estudar as séries históricas de precipitação e descarga em uma sub-bacia do sudeste do estado do Pará, a fim de verificar se as mesmas apresentam

mudanças estatisticamente significativas ao longo do tempo, que possam estar relacionadas a mudanças de cobertura vegetal da área ocorrida no período. Conforme a importância mencionada acima, estudam-se, ainda, as séries históricas de precipitação para os trimestres chuvoso e seco e de descarga do canal para os trimestres de cheia e de estiagem para a mesma sub-bacia.

2. Material e métodos

Para avaliar os efeitos de mudanças de cobertura vegetal em grandes áreas, a metodologia adequada é o estudo da mesma bacia em diferentes períodos de tempo, que devem ser longos suficientes para incluir uma amostra representativa do clima e com um intervalo entre eles suficientemente grande para apresentar mudança de cobertura considerável entre eles.

Assim, utiliza-se aqui a série histórica de registros diários de vazão para uma estação, agrupados em dados mensais. Tal estação é considerada, portanto, o exutório da bacia, a qual fica delimitada à sua montante. Foi selecionada, então, a estação Fazenda Alegria, na bacia do Tocantins, sub-bacia “Itacaiúnas”, no estado do Pará, cujas coordenadas são: Latitude -5°29’12” e Longitude -49°13’17”, e área de drenagem de 37.500 km² (Figura 1).

A sub-bacia escolhida localiza-se na região sudeste do estado do Pará, e apresenta atualmente nível de desmatamento bastante elevado. A soma das áreas dos municípios dentro e no entorno da bacia (quais sejam, Itupiranga, Nova Ipixuna, Água Azul do Norte, Canaã dos Carajás, Parauapebas, Marabá, Curionópolis, Eldorado dos Carajás, Xinguara, Sapucaia, Piçarrara e São Geraldo do Araguaís) a área total atinge 59.438 km², dos quais 62% se já encontravam desmatados em 2011, de acordo com INPE (2012).

Assim, foram analisadas séries históricas de dados hidrológicos, representativas de diferentes períodos de tempo. Para isso foram selecionadas estações pluviométricas situadas ao longo da referida sub-bacia, destacando-se estações que possuíam dados de períodos longos o suficiente para que se pudessem verificar mudanças significativas no regime de chuvas.

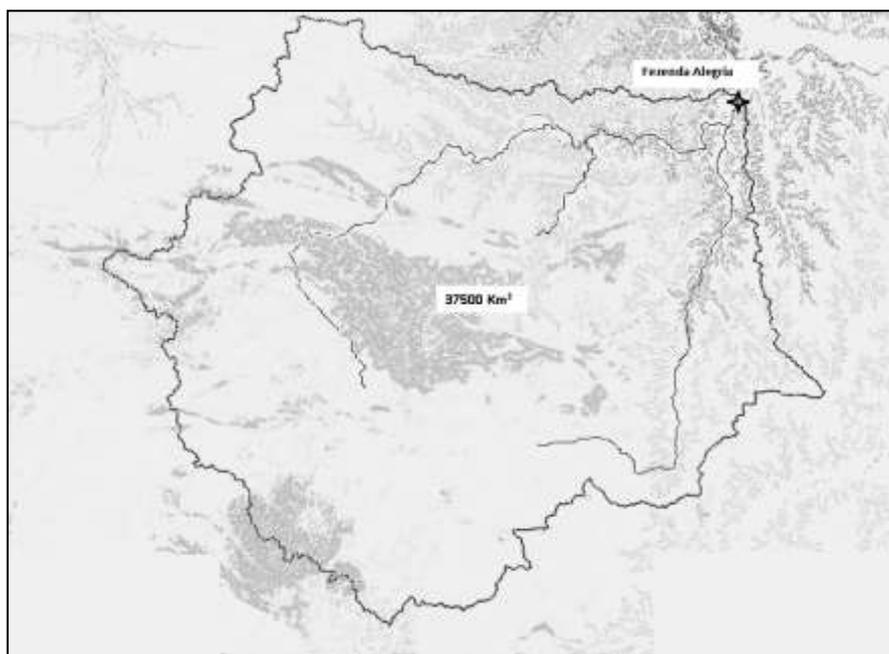


Figura 1. Delimitação da bacia à montante da estação pluviométrica Fazenda Alegria, na bacia do Tocantins, sub-bacia “Itacaiúnas, estado do Pará. (Fonte: os autores)

Desta forma, foram utilizados como dados básicos para a análise a série histórica de registros diários de precipitação e de vazão das estações selecionadas na área, agrupados em dados mensais, (obtidos em <http://hidroweb.ana.gov.br>). A partir das séries históricas de vazão e de precipitação anual média para a bacia foram determinadas as médias de longo-prazo da precipitação, vazão e evapotranspiração para a área para dois períodos (de 1985 a 1989 e de 2006 a 2010), tomando-se os dados mais antigos como representativos de uma situação de vegetação mais preservada e os mais recentes como representativos de uma situação mais devastada.

A fim de analisar se houve mudança estatisticamente significativa daqueles parâmetros em decorrência das mudanças de cobertura vegetal, as diferenças entre as médias encontradas em cada um dos dois períodos foram comparadas realizando-se testes estatísticos clássicos como o teste-t, o qual tem como objetivo testar a igualdade entre duas médias. A concepção básica do teste é colocar à prova a “hipótese nula”, a qual, em geral, indica a igualdade a ser contestada. Ou seja, a verificação de que há diferença entre as médias significa rejeitar a hipótese nula.

A probabilidade de que se tenha cometido um erro e rejeitado a hipótese nula quando, na realidade, a mesma seja verdadeira é denominada nível de significância do teste.

Os níveis de significância mais utilizados são 5%, 0,1%, 1% e 10%. Ou seja, indicariam que haveria apenas 5%, 0,1%, 1% ou 10%, respectivamente, de se ter cometido um erro e a hipótese nula rejeitada fosse, de fato, verdadeira.

No contexto dessa pesquisa, tais testes permitem analisar, para cada parâmetro de interesse (precipitação média anual, vazão média anual, etc.) se há diferença entre as médias dos dois períodos (considerados como representativos de situação mais preservada e mais desmatada) e confirmar se tais diferenças são estatisticamente significativas (ou seja, o nível de significância inferior, por exemplo, a 5%) e não resultantes de alterações sazonais ou decadais.

A partir das séries históricas de vazão para a sub-bacia estudada e de precipitação pluviométrica média (obtida pelo método de Thiessen, com base nas séries históricas das estações Eldorado, Fazenda Surubim e Fazenda Caiçara), foram determinadas as médias de longo-prazo dos principais componentes hidrológicos.

3. Resultados e discussão

Primeiramente, os dados de pluviometria foram submetidos à análise de

consistência pelo método da dupla massa, onde foi confirmada a consistência desses dados, conforme pode ser confirmado nas Figuras 2, 3 e 4.

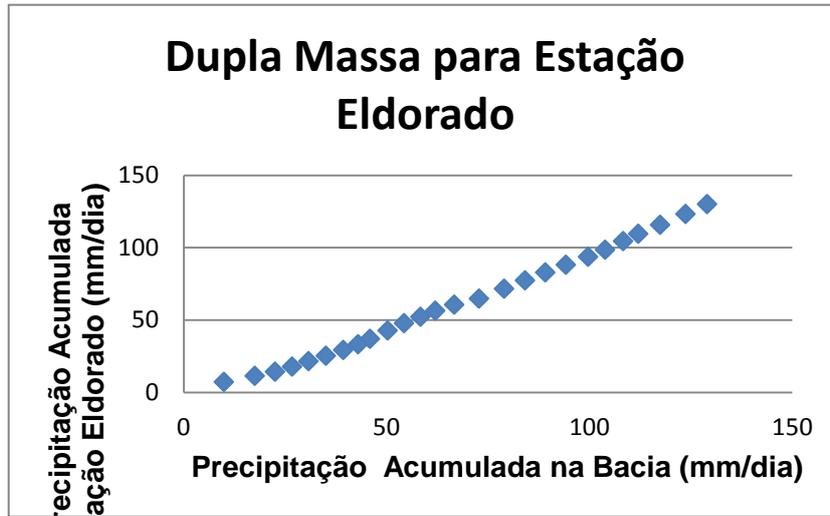


Figura 2. Resultado do teste de dupla massa para a estação Eldorado, na bacia do Tocantins, sub-bacia “Itacaiúnas, estado do Pará. (Fonte: os autores)

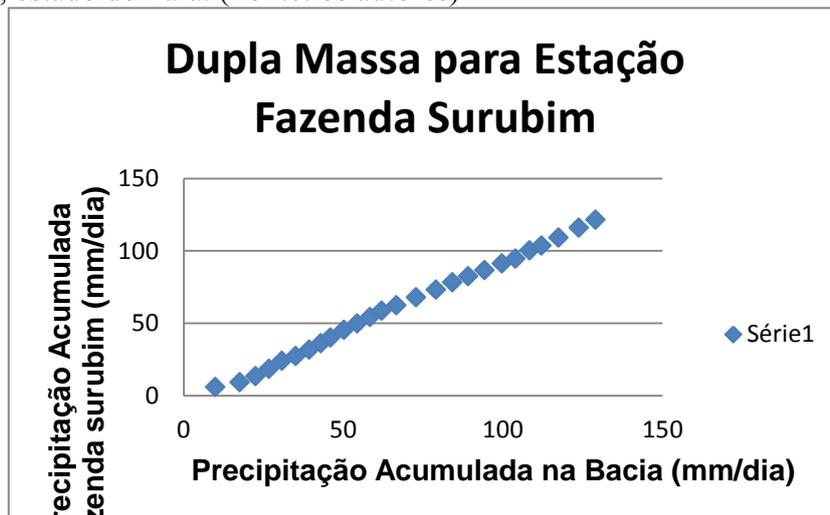


Figura 3. Resultado do teste de dupla massa para a estação Fazenda Surubim, na bacia do Tocantins, sub-bacia “Itacaiúnas, estado do Pará. (Fonte: os autores)

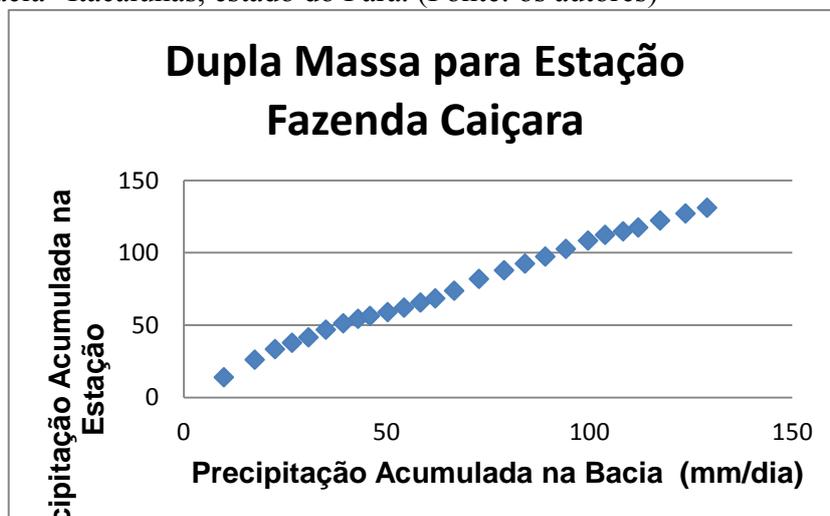


Figura 4. Resultado do teste de dupla massa para a estação Fazenda Caiçara, na bacia do Tocantins, sub-bacia “Itacaiúnas, estado do Pará. (Fonte: os autores)

A fim de avaliar como se dá a variabilidade da precipitação ao longo do tempo, ou seja, visualizar sua variabilidade anual e decadal, a série histórica da bacia em

estudo (obtida pelo método de Thiessem) foi plotada graficamente em relação ao tempo, obtendo-se o gráfico apresentado na Figura 5.

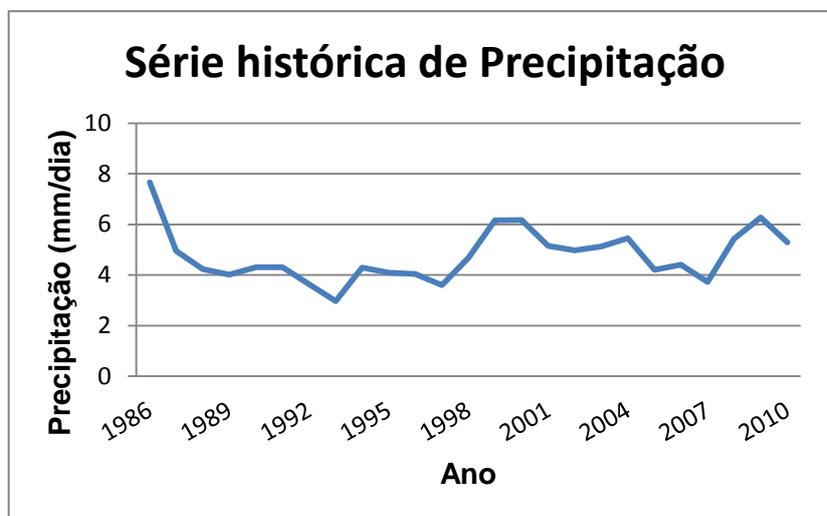


Figura 5. Série histórica de precipitação média anual da sub bacia Itacaiúnas, na bacia do Tocantins, sub-bacia “Itacaiúnas, estado do Pará. (Fonte: os autores)

A partir daí, para verificar se houve mudança estatisticamente significativa nos padrões das características hidrológicas da sub-bacia, foram realizados testes

comparando as médias da precipitação, vazão e evapotranspiração entre os dois períodos (Tabelas 1, 2 e 3).

Tabela 1. Teste-t para precipitações médias anuais do período 1 (1985-1989) e período 2 (2006-2010).

Parâmetros	Período 1	Período 2
Média	6,155179	5,025186
Variância	6,562139	0,965899
Observações	5	5
Hipótese da diferença de média	0	
Gl	8	
Stat t	0,920915	
P(T<=t) uni-caudal	0,192012	
t crítico uni-caudal	1,859548	

Tabela 2. Teste-t para vazões médias anuais do período 1 (1985-1989) e período 2 (2006-2010).

Parâmetros	Período 1	Período 2
Média	1,546208	1,209031
Variância	0,189361	0,113342
Observações	5	5
Hipótese da diferença de média	0	
Gl	8	
Stat t	1,370359	
P(T<=t) uni-caudal	0,103896	
t crítico uni-caudal	1,859548	

Tabela 3. Teste-t para evapotranspirações médias anuais dos períodos 1 (1985-1989) e período 2 (2006-2010).

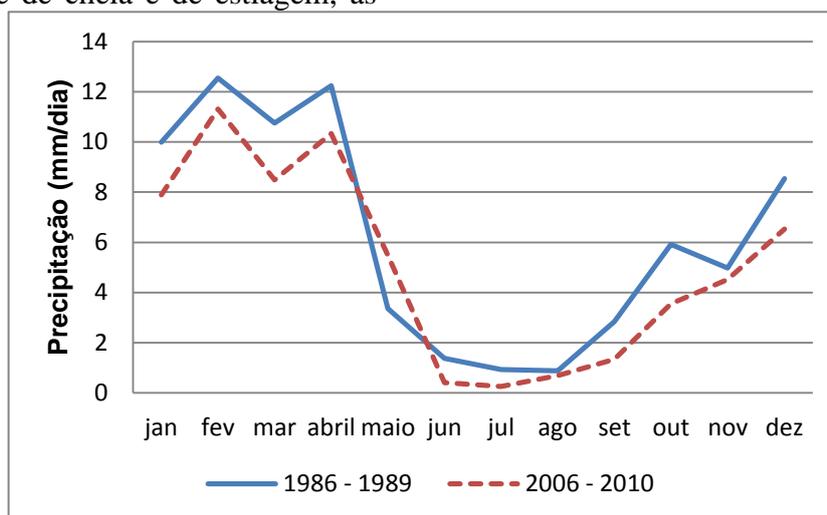
Parâmetros	Período 1	Período 2
Média	4,608971	3,816155
Variância	5,609902	0,987113
Observações	5	5
Hipótese da diferença de média	0	
Gl	8	
Stat t	0,690214	
P(T<=t) uni-caudal	0,254792	
t crítico uni-caudal	1,859548	

Os testes indicaram que as médias anuais de precipitação, descarga do canal e evapotranspiração não apresentaram diferenças que fossem estatisticamente significativas, ou seja, que resultassem em P inferior a 0,05 (correspondente a uma significância de 5%).

Em relação à precipitação média anual, apesar da mesma ser aparentemente diferente entre os períodos, com 6,15 mm/dia no período mais antigo e 5,02 mm/dia nos anos mais recentes, tal não atinge nível de significância adequado para que se possa afirmar que as amostras comparadas sejam realmente diferentes.

Para melhor visualização dos trimestres chuvoso e seco e de cheia e de estiagem, as

tanto as precipitações quanto as vazões mensais de cada período foram plotadas em forma de gráficos (Figuras 6 e 7). A fim de verificar se houve mudança estatisticamente significativa nos padrões das características hidrológicas da sub-bacia em estudo para os trimestres chuvoso e seco (em termos de precipitação) bem como para os trimestres de cheia e estiagem (em termos de vazão do canal) foram realizados testes comparando as médias das precipitações, vazões e evapotranspirações entre dois períodos, quais sejam, de 1985 a 1989 e de 2006 a 2010 (Tabelas 4, 5, 6 e 7).

**Figura 6.** Precipitações mensais da estação Fazenda Alegria, na bacia do Tocantins, sub-bacia "Itacaiúnas, estado do Pará, nos períodos 1 (1985-1989) e 2 (2006-2010). (Fonte: os autores)

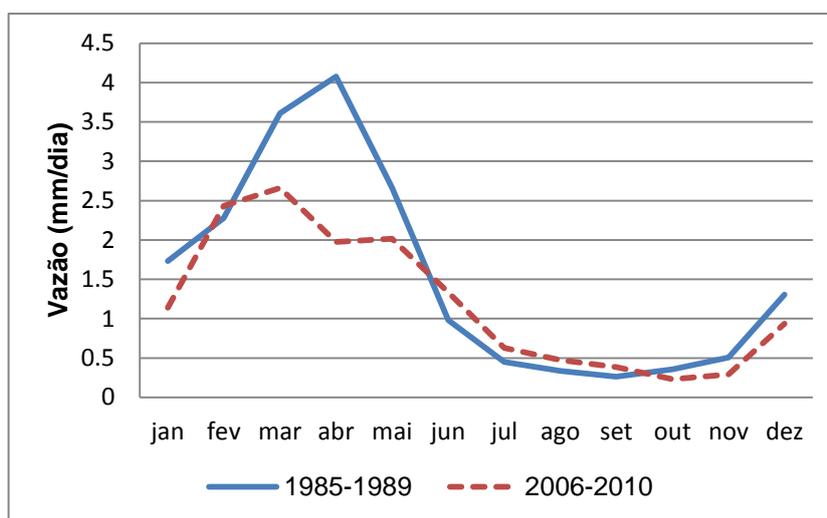


Figura 7. Vazões mensais da estação Fazenda Alegria, na bacia do Tocantins, sub-bacia “Itacaiúnas, estado do Pará, nos períodos 1 (1985-1989) e 2 (2006-2010). (Fonte: os autores)

Tabela 4. Teste-t para precipitações no trimestre chuvoso dos períodos 1 (1985-1989) e 2 (2006-2010).

Parâmetros	Período 1	Período 2
Média	11,8443191	10,04289496
Variância	38,24771384	1,418529725
Observações	5	5
Hipótese da diferença de média	0	
Gl	8	
Stat t	0,639573474	
P(T<=t) uni-caudal	0,270164074	
t crítico uni-caudal	1,859548033	

Tabela 5. Teste-t para vazões no trimestre chuvoso dos períodos 1 (1985-1989) e 2 (2006-2010).

Parâmetros	Período 1	Período 2
Média	3,449611	2,356248
Variância	0,608136	0,360321
Observações	5	5
Hipótese da diferença de média	0	
Gl	8	
Stat t	2,484327	
P(T<=t) uni-caudal	0,018928	
t crítico uni-caudal	1,859548	

Tabela 6. Teste-t para precipitação no trimestre seco dos períodos 1 (1985-1989) e 2 (2006-2010).

Parâmetros	Período 1	Período 2
Média	1,068969	0,452871
Variância	0,894365	0,178667
Observações	5	5
Hipótese da diferença de média	0	
Gl	8	
Stat t	1,329929	
P(T<=t) uni-caudal	0,110104	
t crítico uni-caudal	1,859548	

Tabela 7. Teste-t para vazões no trimestre seco dos períodos 1 (1985-1989) e 2 (2006-2010).

Parâmetros	Período 1	Período 2
Média	138,5483	131,716
Variância	1792,473	461,0018
Observações	5	5
Hipótese da diferença de média	0	
Gl	8	
Stat t	0,321827	
P(T<=t) uni-caudal	0,377916	
t crítico uni-caudal	1,859548	

No que diz respeito à precipitação na área, não ocorre alteração de sazonalidade, com meses chuvosos em fevereiro-março-abril e secos em junho-julho-agosto. As análises estatísticas também não indicam mudança nos índices pluviométricos daquelas estações entre os dois períodos estudados.

Quanto à descarga do canal, uma primeira e importante constatação é que o período de cheias se altera, passando de março-abril-maio nos anos de 1985-1989 para fevereiro-março-abril nos anos de 2006-2010. O trimestre de estiagem, também muda, passando de agosto-setembro-outubro para setembro-outubro-novembro.

Os resultados dos testes estatísticos indicam, porém, no que se refere à vazão do canal, que apenas a redução nos trimestres de cheia apresenta mudança com nível de significância alto, com $P < 0,02$.

Uma explicação para que as mudanças apontadas em alguns estudos não tenham sido identificadas nos testes realizados, conforme explica Bruijnzeel (1990), está no fato de que, diferentemente do que ocorre para estudos em bacias pequenas, o estudo de uma bacia muito grande, como é o caso da bacia ora estudada, apresenta uma séria dificuldade quanto ao controle das condições experimentais.

Para o caso de bacias de grande escala, como é o caso desse estudo, a qual tem área de 37.500km², os efeitos hidrológicos de mudanças na cobertura vegetal são mais difíceis de identificar, pois, em geral, possuem variedade de classes de uso da terra e vegetação em vários estágios de regeneração. Além disso, pelas suas dimensões, tais bacias são mais propensas a

apresentar variações espaciais e temporais importantes na pluviometria ao longo de décadas.

4. Conclusões

O estudo da sub-bacia Itacaiúnas (integrante da bacia do Tocantins), localizada no estado do Pará, permitiu concluir por meio de análises estatísticas comparativas de dois períodos que, de modo geral, não se verificam alterações nas características hidrológicas da mesma em decorrência da mudança da cobertura vegetal da área.

Os testes estatísticos relativos à precipitação média anual, à vazão e à evapotranspiração não apresentaram nível de significância que indicassem uma efetiva mudança entre os períodos estudados.

O estudo da sazonalidade da precipitação na área também conduz à conclusão de que não houve mudança significativa entre os períodos.

Quanto à sazonalidade da descarga do canal, identificou-se uma alteração no período de cheias, que passou de março-abril-maio para fevereiro-março-abril. O trimestre de estiagem, também mudou, passando de agosto-setembro-outubro para setembro-outubro-novembro.

Apesar da mudança nos meses de cheia e de estiagem, no que diz respeito à vazão do canal os resultados dos testes estatísticos indicaram que apenas a redução da descarga nos trimestres de cheia apresentou mudança com nível de significância alto.

O estudo permitiu confirmar as dificuldades para estudo dos efeitos hidrológicos de mudanças na cobertura

vegetal de grandes bacias relacionadas à variedade de classes de uso da terra e vegetação em vários estágios de regeneração e à propensão natural das mesmas de apresentarem variações espaciais e temporais importantes na pluviometria ao longo de décadas.

Conclui-se, ainda, que são recomendáveis para o avanço do conhecimento acerca dos efeitos da mudança de cobertura vegetal em bacias hidrográficas, estudos em duas vertentes: a análise de sub-bacias menores, nas quais as variáveis envolvidas possam ser mais bem controladas, bem como o estudo de outras bacias de grande extensão em que as mudanças de cobertura vegetal ocorridas tenham se dado de maneira acentuada.

5. Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq e ao programa PIBIC/UFPA pelo apoio financeiro que permitiu a realização dessa pesquisa.

6. Referências

Bruijnzeel, L.A. (1990). Hydrology of moist tropical forest and effects of conversion: a state of knowledge review. Paris: UNESCO, 226p.

Coe, M.T.; Costa, M.H.; Soares Filho, B.S. (2009). The influence of historical and potential future deforestation on the stream flow of the Amazon River – Land surface processes and atmospheric feedbacks. *Journal of Hydrology*, v. 369, p. 165-174.

Costa, M.H.; Botta, A.; Cardille, J.A. (2003). Effects of large-scale changes in land cover on the discharge of the Tocantins River, Southeastern Amazonia. *Journal of Hydrology*, v. 283, p. 206-217.

Costa, M.H.; Foley, J.A. (2000). Combined effects of deforestation and doubled atmospheric CO₂ concentrations on the

climate of Amazonia. *Journal of Climate*, v. 13, p. 18-34.

Costa, M.H.; Yanagi, S.N.M.; Souza, P.J.O.P.; Ribeiro A.; Rocha, E.J.P. (2007). Climate change in Amazonia caused by soybean cropland expansion, as compared to caused by pastureland expansion. *Geophysical Research Letters*, v.34, n.7, p 1-4.

Dyhr-Nielsen, M. (1986). Hydrological effect of deforestation in the Chao Phraya basin in Thailand. Paper presented at the International Symposium on Tropical Forest Hydrology and Application, Chiangmai, Thailand. 12pp. (*apud* Bruijnzeel, 1990).

Gash, J.H.C.; Nobre, C.A. (1997). Climatic effects of Amazonian deforestation: some results from ABRACOS, *Bulletin of the American Meteorological Society*, v. 78, n. 5, p. 823-830.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) (Brasil). Disponível em: <<http://www.inpe.br>>. Acesso em: 13 out. 2011.

Nobre, C.A.; Sellers, P.J.; Shukla, J. (1991). Amazonian deforestation and regional climate change. *Journal of Climate*, v. 4, p. 957-988.

Qian, W.C. (1983). Effects of deforestation on flood characteristics with particular reference to Hainan island, China. *International Association of Hydrological Sciences Publication*, v. 140, p 249-258.

Sampaio, G.; Nobre, C.A.; Costa, M.H.; Satyamurty, P.; Soares-Filho, B.S.; Cardoso, M. (2007). Regional climate change over eastern Amazonia caused by pasture and soybean cropland expansion. *Geophysical Research Letters*, n. 34, p 1-7.