



Universidade Federal do Pará



Faculdade de Meteorologia



Instituto de Geociências

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO (TCC)

LEONARDO BENTIVI FERREIRA

**CICLO ANUAL DA PRECIPITAÇÃO E TEMPERATURA DO AR EM
CONCEIÇÃO DO ARAGUAIA NO SUDESTE DO PARÁ:
CLIMATOLOGIA E TENDÊNCIAS (1961-2011)**

BELÉM – PA
ABRIL - 2013

LEONARDO BENTIVI FERREIRA

**CICLO ANUAL DA PRECIPITAÇÃO E TEMPERATURA DO AR EM CONCEIÇÃO
DO ARAGUAIA NO SUDESTE DO PARÁ: CLIMATOLOGIA E TENDÊNCIAS
(1961-2011)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Meteorologia (FAMET), do Instituto de Geociências (IG), da Universidade Federal do Pará (UFPA), como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Meteorologia.

BELÉM-PA
ABRIL - 2013

LEONARDO BENTIVI FERREIRA

**CICLO ANUAL DA PRECIPITAÇÃO E TEMPERATURA DO AR EM CONCEIÇÃO DO
ARAGUAIA NO SUDESTE DO PARÁ: CLIMATOLOGIA E TENDÊNCIAS (1961-2011)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Meteorologia (FAMET), do Instituto de Geociências (IG), da Universidade Federal do Pará (UFPA), como requisito para a obtenção do título de bacharel em Meteorologia.

Aprovado em ___/___/2013

Banca examinadora:

Prof. Everaldo Barreiros de Souza- Orientador
Doutor em Meteorologia
Universidade Federal do Pará

Prof. Dimitrie Nechet- Membro
Especialista em Meteorologia Tropical
Universidade Federal do Pará

Prof. José Danilo da Costa Souza Filho-
Membro
Mestre em Meteorologia Agrícola
Universidade Federal do Pará

“Na vida, há desafios que, se aproveitados de forma criativa, transformam-se em oportunidades”.
MaxwelKhantz

AGRADECIMENTOS

- Agradeço a Deus por tudo que tem feito em minha vida, pois, em meio a tantos obstáculos, sem Ele nada disso seria possível;
- À minha mãe, Ivonete Chaves Bentivi Ferreira, a qual me deu vida, incentivo e apoio incondicional em todos os momentos, principalmente, no período mais difícil da minha vida. Ao meu pai Agostinho Batista Ferreira Filho, à minha irmã Darleny T. Bentivi Ferreira e à minha sobrinha Polyana Ferreira Medeiros, que foi uma bênção na minha vida, para a recuperação da minha saúde física;
- Ao prof. Dr. Everaldo B. Souza pela paciência e disposição na orientação deste trabalho e ao projeto Rede de Previsão Climática e Hidrometeorológica (RPCH) pela estrutura disponibilizada para o desenvolvimento do trabalho;
- Ao CNPq pela bolsa PIBIC do aluno de graduação e pela bolsa PQ-2 (processo 307380/2010-6) do orientador deste trabalho. Ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) pela disponibilização do banco de dados para ensino e pesquisa e ao INPE pelos dados de desmatamento do PRODES;
- Aos alunos bolsistas do prof. Everaldo: Thiago Mota Azevedo, Márcia Tarciso, Yuri Nassar e, principalmente à Vânia Franco.
- A todos os professores do curso de Meteorologia pelos ensinamentos a mim transmitidos no decorrer do curso, em especial aos professores Maria do Carmo (MACAR), Midori Makino, Paulo Souza (PS) e Paulo Kuhn;
- À turma de 2009 pelo carinho com que me acolheu em especial Ana Letícia (2008), Jacqueline Moraes, Juliana Maria, Márcia Lobo, Paula Oliveira, Ingrid Peixoto, Haroldo Magano, Josias Batista, Elaine Barreto, Ivan Bitar e Jeymison Bezerra (2008);
- Enfim, agradeço a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a elaboração deste trabalho.

RESUMO

A Amazônia, que está localizada entre os trópicos de Câncer e de Capricórnio, tem grande influência no regime pluviométrico da região Norte, onde, através do mecanismo de circulação global, a energia liberada no processo de condensação do ar é transportada para outras latitudes, possibilitando um equilíbrio térmico global. Este trabalho apresenta uma análise observacional sobre os aspectos climatológicos do ciclo anual de precipitação e temperaturas máxima e mínima particularmente no município de Conceição do Araguaia no Sudeste do Pará, localizado dentro do arco do desmatamento na Amazônia Oriental. A média histórica de 1961/2011 indicou que o período chuvoso ocorre nos meses de Novembro a Abril com máximo anual atingindo 270 mm em Março e valores de temperatura mínima entre 21°C e 21,5°C e temperatura máxima entre 31°C e 32°C. Por outro lado, Junho a Setembro caracteriza o período seco com mínimo anual de apenas 6 mm em Julho, com temperatura mínima abaixo de 20°C e temperatura máxima acima de 33°C. As tendências quantitativas de longo prazo, baseadas nas diferenças entre as médias de 20 anos de 1961/1980 (Amazônia antiga com cobertura florestal mais intacta) e 1992/2011 (Amazônia atual desmatada), evidenciaram que as principais mudanças do clima regional atual consistem de condições mais quentes (temperatura mínima mais elevada), com período chuvoso mais intenso (aumento de chuva em Maio) e estação seca significativamente mais árida (diminuição significativas chuvas em Junho e Julho). Foram utilizados dados mensais de precipitação do Projeto REDE DE PREVISÃO CLIMÁTICA E HIDROMETEOROLÓGICA DO PARÁ (RPCH) e a técnica estatística dos PERCENTIS, a qual possibilitou quantificar a intensidade de um determinado evento de chuva por faixas ou categorias (XAVIER, 1999).

Palavras-Chave: Climatologia, Tendências climáticas, Cicloannual e Amazônia oriental.

ABSTRACT

The Amazon, which is located between the Tropics of Cancer and Capricorn, has great influence on rainfall in the North, where, through the mechanism of global circulation, the energy released in the condensation process air is transported to other latitudes, providing a global thermal equilibrium. This paper presents an analysis on the observational aspects of the climatological annual cycle of precipitation and maximum and minimum temperature particularly in the municipality of Conceição do Araguaia in southeastern Pará, located within the arc of deforestation in the eastern Amazon. The historical average for 1961/2011 indicated that the rainy season occurs from November to April with an annual maximum reaching 270 mm in March and values of minimum temperature between 21 ° C and 21.5 ° C and maximum temperature between 31 ° C and 32 ° C. Moreover, characterized in June to September dry period with minimum annual only on July 6 mm, with a minimum temperature below 20 ° C and maximum temperature above 33 ° C. The quantitative trends of long-term, based on the differences between the mean of 20 years of 1961/1980 (former Amazon with more forest cover intact) and 1991/2011 (current deforested Amazon), showed that major climate changes consist of current regional warmer conditions (minimum temperature higher), with more intense rainy period (an increase of rain in May) and significantly more arid dry season (significant decrease of rainfall in June and July). We used monthly data of precipitation Project NETWORK OF CLIMATE AND FORECAST hydrometeorological PARÁ (RPCH) and the statistical technique of PERCENTILES, which enabled to quantify the intensity of a given rainfall event by bands or categories (XAVIER, 199).

Keywords: Climatology. Climate Trends. Annual cycle. Eas.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CNPq- Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico;

PIBIC- Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica;

PRODES - Programa de Desflorestamento da Amazônia;

IPCC- Intergovernmental Panel on Climate Change;

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais;

IBEAS - Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais;

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.2 OBJETIVO GERAL.....	11
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1 MECANISMOS QUE INFLUENCIAM A PRECIPITAÇÃO NA AMAZONIA	12
2.2 DESMATAMENTO NA AMAZÔNIA	12
1.3 A INFLUENCIA DO DESMATAMENTO NO CLIMA.....	13
3 MATERIAIS E MÉTODOS	15
3.1 ÁREA DE ESTUDO	15
3.2 DADOS	16
3.3 MÉTODOS DOS PERCENTIS.....	17
4 RESULTADOS	18
4.1 CLIMATOLOGIA	18
4.2 TENDÊNCIAS DE LONGO PRAZO.....	19
5 DISCUSSÕES E CONCLUSÕES	22
REFERÊNCIAS	24

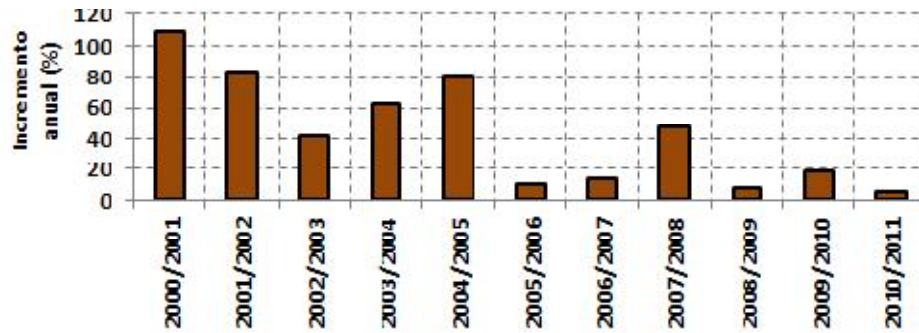
1 INTRODUÇÃO

A Amazônia é considerada uma região de destaque (“hot spot”) na temática de mudanças climáticas globais, com projeções de clima mais seco e quente (diminuição no regime de chuvas e aumento significativo da temperatura do ar próximo à superfície) para meados e final do século XXI (MARENGO, 2007). Tais mudanças climáticas são devidas ao aquecimento global devido à amplificação do efeito estufa desencadeado por atividades antrópicas de emissões de gases do efeito estufa (GEE) na atmosfera global, sendo os maiores emissores os países da América do Norte e Ásia (IPCC, 2007).

Não obstante, o Brasil é considerado alto emissor de GEE na atmosfera por atividades de uso da terra resultante primordialmente do desmatamento na Amazônia. Nas últimas décadas, os estados de Rondônia, Mato Grosso e Pará foram os que mais sofreram com o processo de desmatamento (INPE, 2009), ao longo da região conhecida como ‘arco do desmatamento’. Particularmente no estado do Pará, as regiões onde a cobertura florestal foi significativamente reduzida e/ou degradada pela ação de diversas atividades de uso e ocupação da terra, ligadas principalmente com agricultura de grande porte (soja) e familiar, pecuária e madeireira, entre outras, foram os setores oeste, sudeste e nordeste.

A modificação da paisagem, ou seja, a retirada da cobertura florestal por vegetação do tipo pastagem provoca alterações no balanço de energia e no ciclo hidrológico, cujos impactos no clima regional associam-se com o aumento de temperatura do ar, diminuição da evapotranspiração e de precipitação (NOBRE et al., 1991; COHEN et al., 2007). Assim sendo, o foco deste trabalho é na investigação do ciclo anual, ou seja, evolução climatológica mensal de Janeiro a Dezembro, da precipitação e temperaturas máxima e mínima, buscando-se identificar possíveis mudanças do clima atual (últimas 2 décadas: 1992-2011) - considerado como cenário de Amazônia desmatada, em comparação ao clima do passado recente (décadas de 60 e 70: 1961/1980) - considerado como cenário de Amazônia com cobertura florestal bem mais intacta. Essa abordagem será feita particularmente para o município de Conceição do Araguaia, representativo da região sudeste do Pará, onde as taxas de desmatamento foram expressivas durante as últimas décadas, conforme ilustra a Figura 1.

Figura 1- Taxas de incremento anual em % do desmatamento no município de Conceição do Araguaia-PA de 2000 a 2011



Fonte: Baseado nos dados do PRODES/INPE (ano)

1.2 OBJETIVO GERAL

Investigação do ciclo anual, ou seja, evolução climatológica mensal de Janeiro a Dezembro, da precipitação e temperaturas máxima e mínima, buscando-se identificar possíveis mudanças do clima atual (últimas 2 décadas: 1992-2011) - considerado como cenário de Amazônia desmatada, em comparação ao clima do passado recente (décadas de 60 e 70: 1961/1980) - considerado como cenário de Amazônia com cobertura florestal bem mais intacta.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 MECANISMOS QUE INFLUENCIAM A PRECIPITAÇÃO NA AMAZONIA

A Amazônia possui grande atividade convectiva por estar localizada na região tropical. O Estado paraense encontra-se no litoral brasileiro, tendo interferência direta dos oceanos Pacífico e Atlântico no seu regime pluviométrico. A convecção tropical tem vários mecanismos, dentre os quais a convergência dos ventos Alísios ou Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), frentes, ondas, vórtices, circulação de Walker e as modificações dos mesmos, devido às variações de temperatura da superfície do mar (PAEGLE, 1987).

A região tropical nos oceanos é o local de maior variação e influência na interação oceano-atmosfera, onde a variabilidade interanual/sazonal da estação chuvosa da Amazônia é modulada diretamente pelos mecanismos dinâmicos de grande escala observados na bacia tropical dos oceanos Pacífico e Atlântico. Esses mecanismos são caracterizados pela manifestação simultânea de La Niña (El Niño) no Pacífico e Gradiente de TSM inter-hemisférico sobre o Atlântico intertropical apontando em direção ao sul (norte) do equador (NOBRE, SHUKLA, 1996; SOUZA et al., 2000)..

O ciclo anual da precipitação sobre a Amazônia exibe um máximo entre meados da primavera e final do outono austral (Marengo et al., 2001), em associação, em primeira instância, a manifestação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e Zona de Convergência Intertropical (ZCIT).

A Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) que, durante os meses de verão do Hemisfério Sul (HS), ocorre sobre a América do Sul pela presença de uma faixa de nebulosidade convectiva, que se estende desde o Sul da Amazônia em direção Sudeste até o oceano Atlântico Subtropical. Para (FERNANDES, 2011) este fenômeno é um dos principais responsáveis pela precipitação no sudeste paraense.

2.2 DESMATAMENTO NA AMAZÔNIA

Segundo Fearnside (2006) o desmatamento na Amazônia brasileira tem aumentado continuamente desde 1991, variando de acordo com as mudanças relacionadas às forças econômicas. Os atores e as forças que conduzem ao desmatamento variam entre partes diferentes da região, e variam ao longo do tempo. Em geral, os grandes e médios fazendeiros respondem pela grande maioria da atividade do desmatamento, mas os pequenos agricultores podem atuar como forças importantes nos lugares onde estão concentrados.

A região amazônica enfrenta uma grande gama de desafios, incluindo a falta de consenso sobre estratégias de desenvolvimento; falta de serviços sociais, infraestrutura e transporte adequados; ambiguidades sobre direitos de propriedade e conflitos de uso da terra; rápida urbanização e baixa qualidade de vida nas cidades; dificuldades para controlar desmatamentos e queimadas; o papel das comunidades indígenas no desenvolvimento e na gestão ambiental; baixa capacidade institucional e governança fraca – e uma expansão não planejada da pecuária e da agricultura (MARGULIS, 2003).

Durante as últimas décadas, grandes áreas do Estado do Pará vêm sendo desmatadas. Nos últimos 10 anos, as áreas desmatadas alcançaram taxas que chegam a quase 6.000 km² por ano. Essas altas taxas são preocupantes, devido à importância das Florestas tropicais na Circulação Geral da Atmosfera, e os possíveis impactos em face de um desmatamento em grande escala (FERNANDES, 2011).

O controle do desmatamento é essencial para evitar os impactos da perda de floresta. Muito do processo do desmatamento está atualmente fora de controle do governo (por exemplo, Torres, 2005). Não obstante, a ação de governo já mostrou ter uma influência notável sobre as taxas de desmatamento onde foram aplicados esforços para fazer cumprir a legislação indo mais além do que uma base simbólica (FEARNSIDE, 2006).

1.3 A INFLUÊNCIA DO DESMATAMENTO NO CLIMA

Fernandes, (2011) afirma que nos últimos anos, a Amazônia tem sido objeto de estudos sob os mais diversos aspectos meteorológicos, com a finalidade de acompanhar a evolução e a variabilidade das condições climáticas da região relacionadas ao desmatamento. O estudo dos fatores físicos que atuam sobre as florestas é de vital importância no conhecimento dos impactos climáticos causados, tanto em escala regional como em escala global, pela modificação de sua cobertura florestal.

Vários estudos, através do uso de modelos numéricos de circulação geral (MCG) têm avaliado o impacto do desmatamento sobre o clima (Nobre et al. 1991; Lean et al., 1996, entre outros). De uma forma geral, os resultados apontam para o aumento da temperatura da superfície e diminuição da precipitação e evapotranspiração sobre a região.

O desmatamento emite gás carbônico (CO₂) e outros gases de efeito estufa. Uma parte do CO₂ é reabsorvido depois através do recrescimento de florestas secundárias nas áreas desmatadas, mas os outros gases de efeito estufa, tais como metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O), não são. A quantidade de carbono absorvida como CO₂ pelo recrescimento de

florestas secundárias é pequena quando comparada à emissão inicial, porque a biomassa por hectare da floresta secundária é muito mais baixa que a da floresta primária. A taxa de crescimento de floresta secundária é lenta porque a maioria das áreas desmatadas é de pastagens degradadas com solo compactado e esgotado de nutrientes (FEARNSIDE, 2006).

A floresta amazônica tem uma série de ligações de retroalimentação com e mudança climática que representa uma ameaça séria à existência da floresta e para a continuação de seus serviços ambientais. Um mecanismo é por perda de evapotranspiração, assim reduzindo a precipitação a ponto em que a floresta deixa de ser o tipo de vegetação favorecido pelo clima da região (por exemplo, Shukla *et al.*, 1990).

Fernandes, (2011) concluiu em seu estudo que de maneira geral, o desmatamento altera o ciclo hidrológico local, reduzindo a evapotranspiração e a precipitação. O Estado do Pará é um dos mais afetados pela substituição da floresta por outros usos da terra, particularmente pecuária e agricultura. Não houve evidências nessa análise que o desmatamento tanto no estado como no município tenha afetado significativamente o clima local. A temperatura média de Conceição do Araguaia vem aumentando a partir de 2000, provavelmente relacionada ao aquecimento global, podendo nestas condições o índice de desmatamento acumulado contribuir indiretamente para o aumento desta variável.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

Observando-se os aspectos físico-territoriais do município de Conceição do Araguaia-PA (Figura 1), verificou-se que o município é pertencente à mesorregião Sudeste paraense e à microrregião Conceição do Araguaia. Sua sede municipal tem as seguintes coordenadas geográficas: - 8,26 graus de latitude Sul, -49,26 graus de longitude a Oeste de Greenwich, localizado a cerca de 1100 km da capital Belém. Limita-se ao Norte pelo município de Floresta do Araguaia, a Leste pelo Estado de Tocantins, ao Sul pelo município de Sta. Maria das Barreiras e a Oeste pelos municípios de Redenção e Sta. Maria das Barreiras.

Segundo IBGE (censo 2010) a população do Município é 45.557 mil habitantes.

Vale ressaltar que seu clima insere-se na categoria de equatorial superúmido, tipo Am da classificação Köppen, no limite de transição para o Aw. O período chuvoso ocorre, notadamente, de novembro a maio e o mais seco, de junho a outubro, estando o índice pluviométrico anual em torno de 2.000mm. A umidade relativa é elevada, com oscilações entre as estações mais chuvosas e mais secas que vão de 90% a 52%, sendo a média real de 71%, com índice pluviométrico de 2000 mm/ano e área de 5882 km², segundo (INSTITUTO BRASILEIRO DE ESTUDOS AMBIENTAIS- IBEAS, 1995).

O grande domínio florestal do Município é o da Floresta Aberta Mista, recobrando as faixas de contato, com a savana e áreas componentes da sub-região da Superfície do Alto Xingu/Iriri. Ao norte e ao sul do Município, ocorrem áreas recobertas de savanas dos tipos cerrado, cerradão e parque. Nas áreas onde a floresta foi removida pela ação de desmatamento, verifica-se a presença de pastagens cultivadas e da Floresta Secundária ou capoeira. Deve-se observar que o desmatamento no sudeste do Pará, nos últimos anos e de acordo com projeções, foi e continuará sendo preocupante (INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONOMICO, SOCIAL E AMBIENTAL DO PARÁ).

Figura 1 – Localização do Município de Conceição do Araguaia



Fonte: http://www.tocnoticias.com.br/painel/noticias/conceicao_do_Araguaia_PA.jpg

3.2 DADOS

Foram utilizados dados de precipitação (em mm) e temperaturas máxima e mínima (ambas em °C) da estação meteorológica convencional de Conceição do Araguaia (localização: -8.26 graus de latitude sul, -49.26 graus de longitude oeste, 156 m de altitude), pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Os dados consistem de médias mensais de Janeiro de 1961 a Dezembro de 2011, totalizando 51 anos de dados observacionais.

O procedimento metodológico aplicado neste trabalho foi o seguinte: Para cada mês de Janeiro a Dezembro, foram calculadas e analisadas as médias climatológicas representativa de toda a série histórica disponível (1961-2011), bem como foram calculadas as médias de 20 anos do período de 1961/1980 (Amazônia antiga) e do período de 1992/2011 (Amazônia atual desmatada). A diferença entre as médias 1961/1980 e 1992/2011 indica em termos quantitativos as tendências de longo prazo de quanto à chuva/temperatura aumentou (valores positivos) ou diminuiu (valores negativos).

3.3 MÉTODOS DOS PERCENTIS

A técnica estatística dos percentis é adequada para dados de precipitação por permitir quantificar a intensidade de um determinado evento de chuva por faixas ou categorias, comportando faixas de transição de uma ordem à outra, adequadas aos dados de precipitação. Isto também, possibilitando a investigação dos padrões anômalos de precipitação sobre a região, análise da variabilidade pluviométricas escalasde tempo mensal, sazonal e anual e estabelecer aspectos climatológicos regionais (SOUZA et al, 2007). Basicamente a formulação desta técnica é a seguinte, conforme (XAVIER et al., 2002).

Seja uma série temporal (X_1, X_2, \dots, X_n) contendo dados mensais de precipitação com “n” sendo o tamanho da amostra. Com base nessa série contínua, calculam-se os quantis $Q(0,15)$, $Q(0,35)$, $Q(0,65)$ e $Q(0,85)$ cuja finalidadeé permitir a delimitação das faixas ou categorias dos dadosobservados. Assim sendo, considerando que $Q(p)$ são as ordens quantílicas $p= 0,15$, $p= 0,35$, $p= 0,65$ e $p= 0,85$; logo um determinado dado de chuva do mês i passa a ser considerado na categoria:

Quadro 1 – Classificação

MUITO ABAIXO	Quando	$X_i < ou = Q(0,15)$
ABAIXO	Quando	$Q(0,15) < X_i < ou = Q(0,35)$
NORMAL	Quando	$Q(0,35) < X_i < Q(0,65)$
ACIMA	Quando	$Q(0,65) < ou = X_i < Q(0,85)$
MUITO ACIMA	Quando	$X_i > ou = Q(0,85)$

Fonte: XAVIER et al., 2002

A técnica dos percentis baseia-se na distribuição da frequência acumulada, sendo que quanto maior for o número de observações disponíveis, melhor é a aproximação da função densidade de probabilidade que descreve o fenômeno. Os intervalos percentuais de cada percentil representam as probabilidades ou frequências esperadas para cada um dos eventos que podem vir a ocorrer na sequência da série temporal da variável X , supondo que são mantidas as características para a precipitação. A categoria normal refere-se a normal ou média climatológica.

4 RESULTADOS

4.1 CLIMATOLOGIA

Nesta seção apresentam-se os resultados da média climatológica calculada para toda a série histórica (1961/2011) de precipitação e temperatura máxima e mínima em Conceição do Araguaia.

A Figura 2 mostra os dados tabulados e ilustra graficamente a evolução da precipitação mensal ao longo do ciclo anual de Janeiro a Dezembro. A média climatológica histórica (linha preta pontilhada na Fig. 2), obtida para o período de 1961/2011, mostra que o período mais seco, com chuva mensal abaixo de 90 mm, ocorre entre os meses de Junho a Setembro, sendo que em Julho ocorre o mínimo anual com apenas 6mm. A partir de Setembro a curva de precipitação inicia uma subida gradual, chegando a 149 mm em Outubro. O período chuvoso, quando notam-se valores pluviométricos acima de 190 mm, é verificado entre os meses de Novembro a Abril, sendo que o máximo anual ocorre em Março com 270 mm. Maio caracteriza-se como o mês de transição do período chuvoso para o período seco, com destaque para a diminuição brusca e intensa no valor de chuva que passa de 196 mm em Abril para 79 mm em Maio.

A evolução mensal da climatologia de temperatura mínima, que é registrada entre o final da madrugada e início da manhã, é plotada na Figura 3 (linha preta pontilhada na parte inferior da Fig. 3), juntamente com os dados tabulados. As médias históricas indicam valores de temperatura mínima abaixo de 20°C ocorrendo entre os meses de Junho a Agosto, sendo que em Julho verifica-se o mínimo anual com 18,6°C. Este período de menor temperatura mínima é coincidente com o período seco com predomínio de condições de céu sem nuvens que associam-se à rápida perda radiativa do solo durante a madrugada/início da manhã, explicando a queda acentuada de temperatura próxima à superfície. Por outro lado, entre os meses de Outubro e Maio, nota-se certa regularidade nos valores de temperatura mínima oscilando acima de 21°C, sendo que o máximo anual ocorre em Março e Abril com valores de 21,5°C. Tais valores mais elevados de temperatura mínima associam-se com as condições de céu nublado que é característico do período chuvoso da Amazônia.

Os dados tabulados e o gráfico da evolução climatológica mensal da temperatura máxima, registrada no período da tarde, são ilustrados na parte superior da Figura 3. Os meses mais quentes, com temperatura máxima oscilando acima de 33°C, são notados entre Maio a Outubro, sendo que o máximo anual com temperatura de 35,9°C é observada em Agosto.

Estes mês também são coincidentes com o período seco, com ausência de nuvens e chuva, configurando condições de céu claro que permite a entrada de mais radiação solar, propiciando maior aquecimento do ar com elevação da temperatura próximo à superfície. No período de Dezembro a Março, as temperaturas máximas diminuem para valores em torno de 31°C, devido à presença de céu predominantemente nublado com chuvas mais intensas típicas do período chuvoso.

4.2 TENDÊNCIAS DE LONGO PRAZO

Nesta seção analisam-se as diferenças entre as medias de 20 anos de 1961/1980 (Amazônia antiga mais intacta) e 1991/2011 (Amazônia atual desmatada) da precipitação e temperatura máxima e mínima para cada mês do ciclo anual. Tais diferenças representam indicações quantitativas das tendências de longo prazo do clima regional em Conceição do Araguaia no sudeste do Pará. Essas tendências encontram-se de forma gráfica nas barras verticais plotadas nas bases da Figura 2 e 3 (coma escala no lado direito das figuras) e também encontram-se listadas em valores percentuais (%) na Tabela 1.

As barras verticais na base da Figura 2 evidenciam valores positivos que indicam tendência de aumento de precipitação se processando principalmente nos meses de Maio e Novembro. Em Maio, o aumento de 51 mm no clima atual (décadas de 90/2000) corresponde a um acréscimo em torno de 85% em relação ao clima passado (décadas de 60/70) e em Novembro o aumento de 55 mm equivale a 30% a mais de chuva no período atual (ver Tabela 1). Por outro lado, os meses que apresentaram valores negativos (barras verticais na base da Fig. 2), indicando tendência de diminuição da chuva no clima atual, foram Janeiro (-6 mm), Fevereiro (-22 mm), Março (-4 mm), Junho (-9 mm), Julho (-6 mm), Agosto (-2 mm), Setembro (-9 mm) e Outubro (-17 mm). Em termos percentuais, a diminuição mais significativa ocorreu durante os meses do período seco, com - 54% em Junho, -63% em Julho que é o mês com tendência negativa mais expressiva, -19% em Agosto e -17% em Setembro (Tabela 1).

As tendências de temperatura máxima e mínima, mostradas nas barras verticais na base da Figura 3, evidenciam a predominância de valores positivos ao longo de todo o ciclo anual, ou seja, a região de Conceição do Araguaia no sudeste do Pará apresenta aumento sistemático de temperatura. Particularmente para a temperatura máxima, notam-se valores acima de 1°C ocorrendo nos meses do período seco de Maio a Outubro, com destaque para Agosto e Setembro com acréscimo de 1,9°C (barras verticais em laranja na Fig. 3) que

corresponde a um aumento percentual de +5% a +6% (Tabela 1). Os resultados para a temperatura mínima são bem mais expressivos, com aumento entre 2,6°C e 4,9°C distribuídos ao longo do ano (barras verticais em azul na Fig. 3). Os meses com aumento mais significativo na temperatura mínima foram encontrados em Junho, Julho e Agosto com valores positivos de 4,7°C, 4,8 °C e 4,9 °C, respectivamente, os quais, em termos percentuais, representam um aumento de +28% a +30% (Tabela 1).

Figura 2 - Ciclo anual da precipitação (mm) climatológica de Janeiro a Dezembro com a evolução mensal da média histórica (1961/2011, linha preta pontilhada) e as médias de 20 anos representativas do clima passado (Med1 de 1961/1990, linha verde) e clima atual (Med2 de 1992/2011, linha marrom). As barras verticais mostram a diferença entre Med2-Med1, indicando a tendência de longo prazo (em mm) para cada mês do ciclo anual. Na base da Figura, encontram-se os valores tabelados e a legenda.

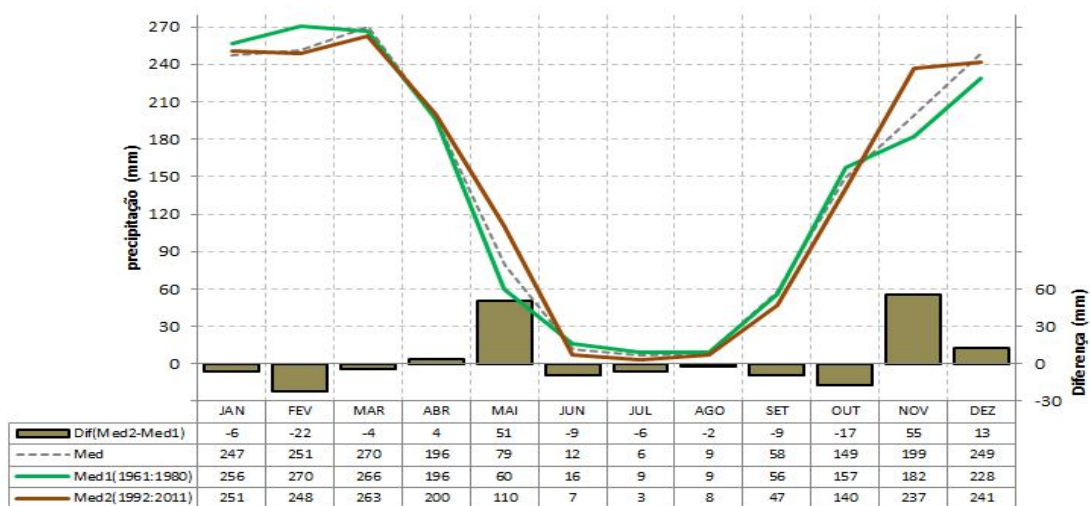


Figura 3 - Ciclo anual da temperatura (°C) máxima (parte superior) e mínima (parte inferior) climatológica de Janeiro a Dezembro com a evolução mensal da média histórica (1961/2011, linha preta pontilhada) e as médias de 20 anos representativas do clima passado (Med1 de 1961/1990) e clima atual (Med2 de 1992/2011). As barras verticais mostram a diferença entre Med2-Med1 indicando a tendência de longo prazo (em °C) para cada mês do ciclo anual. Na base da figura, encontram-se os valores tabelados e a legenda.

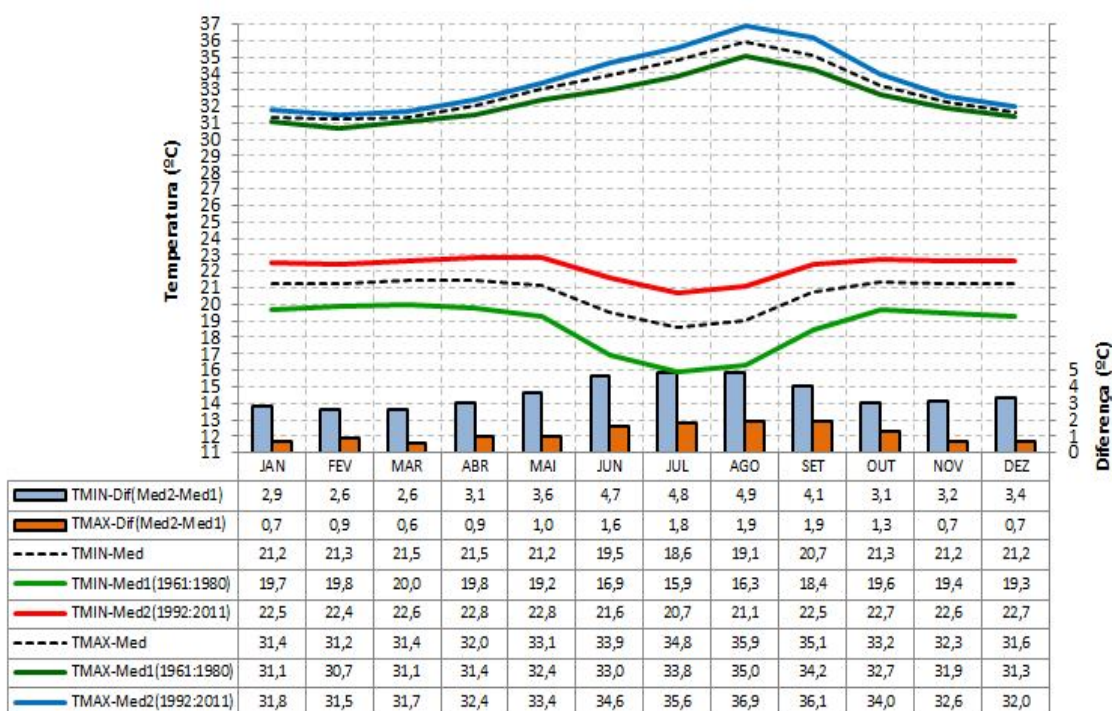


Tabela 1- Percentuais (%) de aumento (valores positivos) e diminuição (valores negativos) da precipitação, temperatura máxima e mínima no clima atual (1992/2011) em relação ao clima passado (1961/1980).

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Precipitação	-2	-8	-1	+2	+8	-	-	-19	-	-11	+3	+6
Temp. Máx.	+2	+3	+2	+3	+3	+5	+5	+5	+6	+4	+2	+2
Temp. Mín.	+1	+1	+1	+1	+1	+2	+3	+3	+2	+1	+1	+1
	5	3	3	6	9	8	0	0	2	6	6	7

5DISCUSSÕES

Este trabalho apresenta uma análise observacional sobre os aspectos climatológicos do ciclo anual de precipitação e temperatura máxima e mínima particularmente no município de Conceição do Araguaia no sudeste do Pará, localizada dentro do arco do desmatamento na Amazônia oriental.

A média histórica no período de 1961/2011 indica que o período chuvoso se processa climatologicamente nos meses de Novembro a Abril, com valor máximo anual atingindo 270 mm em Março. Nestes meses, as condições de céu nublado e chuvoso condicionam valores regulares de temperatura mínima oscilando entre 21°C e 21,5°C e temperatura máxima entre 31°C e 32°C.

Os meses de Junho a Setembro caracterizam o período seco, com o valor pluviométrico mínimo anual de apenas 6 mm ocorrendo em Julho. As condições de céu claro nestes meses, associada à rápida perda radiativa da superfície durante a madrugada/início da manhã, explicam os valores climatológicos de temperatura mínima abaixo de 20°C, sendo o valor mínimo de 18,6°C verificado em Julho. Ainda neste período, a ausência de nebulosidade relaciona-se com maior entrada de radiação solar à tarde, propiciando aumento significativo da temperatura máxima com valores climatológicos acima de 33°C, sendo que em Agosto verifica-se o máximo de 35,9°C.

Os resultados das diferenças entre as médias de 20 anos de 1961/1980 (Amazônia antiga mais intacta) e 1991/2011 (Amazônia atual desmatada), indicando tendências quantitativas de longo prazo, evidenciaram mudanças significativas na precipitação e temperatura durante o clima atual. A mudança da cobertura florestal para áreas de vegetação mais rasteira modificaram o balanço de energia, resultando consequentemente num aumento sistemático de temperatura máxima e mínima ao longo de todos os meses do ciclo anual. Os resultados são bem expressivos para a temperatura mínima com aumento em magnitude oscilando entre 4,7°C e 4,9°C durante os meses de Julho a Agosto, representando um aumento percentual de +28% a +30%. Para a temperatura máxima, as tendências de aumento foram bem menores com valores percentuais entre +5% e +6% em Agosto e Setembro. No que concerne às tendências de precipitação, os resultados mostraram aumento de chuva principalmente nos meses de início e final do período chuvoso, com valores percentuais de +85% em Maio e de +30% em Novembro. Nos demais meses, verificaram-se tendências de diminuição de chuva, com destaque para os valores percentuais de -54% em Junho e -63% em Julho.

6 CONCLUSÕES

Conclui-se que as principais mudanças do clima atual no sudeste do Pará, baseado nas evidências dos dados observacionais das últimas cinco décadas, são de clima regional relativamente mais quente (temperatura mínima mais elevada durante o início da manhã), com período chuvoso mais intenso (aumento de chuva em Maio) e estação seca significativamente mais árida (diminuição significativa das chuvas em Junho e Julho). Tais resultados provavelmente relacionam-se ao aumento na frequência dos eventos extremos de chuva intensa (associado a inundações do período chuvoso) e ausência de chuva (associado à secas e estiagens do período seco) na região.

Embora, os resultados obtidos sejam consistentes do ponto de vista observacional, os mesmos representam apenas um ponto do sudeste do Pará (Conceição do Araguaia), de tal forma que não se devem generalizar as conclusões para toda a Amazônia oriental.

REFERÊNCIAS

COHEN, J.C.P.; BELTRÃO, J.C.; GANDU, A.W.; SILVA, R.R. Influência do desmatamento sobre o ciclo hidrológico na Amazônia. *Ciência e Cultura (SBPC)*, v. 59, p. 36-39. 2007.

DE SOUZA, E.B. KAYANO. M. T., TOTA, J., PEZZI. L., FISCH. G., NOBRE. C., 2000. On the influences of the El Niño, La Niña and Atlantic dipole pattern on the Amazonian rainfall during 1960-1998. *Acta Amazônica* v. 30, n. 2, p. 305-318.

DE SOUZA, E.B.; ROCHA, E. J. P.; SOUSA, J.R.A.; GUIMARAES, P.L.; FERREIRA, DOUGLAS BATISTA DA SILVA ; LOPES, M.N.G. ; SANTOS, DANIEL MENINEA ; SILVA, R. R. ; SOUZA, J.R.S. ; RODRIGUES, R.S. ; MAKINO, M. ; MOTA, M. A. ; MOTA, G. V. ; LIMA, A.G. ; LOPES, JORGE L M ; ROLIM, P.A.M. ; SILVA, J.P. ; BRAGA, R.H.M. ; BASTOS, T.X. ; SILVA, A. M.. Rede Estadual de Previsão Climática e Hidrometeorológica do Pará - RPCH. Boletim da Sociedade Brasileira de Meteorologia, v. 31, p. 6-13, 2007.

FEARNSIDE, P. M. Desmatamento na Amazônia: dinâmica, impactos e controle. *Acta Amazônia*, VOL. 36 n. 3, p. 395 – 400. 2006.

FERNANDES, D. P. P. Desmatamento e as Variações Climáticas no Município de Conceição Do Araguaia-Pa. *II Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental*. 2011.

GARSTANG, M.; FITZGERALD, D.R. *Observations of Surface to Atmosphere Interactions in the Tropics*. New York, Oxford, Oxford University Press. 1999.

Geophysiology of Amazonia: Vegetation and Climate Interactions, R. Dickinson, Ed., Wiley, 347-390.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Dados de população do Município de Conceição do Araguaia. Disponível <http://www.ibge.gov.br/> Acessado em 01/04/2013.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO ECONOMICO, SOCIAL E AMBIENTAL DO PARÁ – IDESP. Informações sobre desmatamento dos municípios do Pará. Disponível em <http://www.idesp.pa.gov.br/> Acessado em 29/03/2013.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA –INMET. Dados de precipitação e temperatura. Disponível em <http://www.inmet.gov.br> Acessado em 08/11/2012.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). *Estimativa das emissões de CO2 por desmatamento na Amazônia Brasileira*. São José dos Campos-SP, 2009, 26 p. (Relatório Técnico).

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). *Climate Change 2007: the physical science basis. Summary for PolicyMakers*. IPCC, Geneva, 2007.

KAYANO, M.T.; ANDREOLI, R.V. *Relations of South American summer rainfall interannual variations with the Pacific Decadal Oscillation*. *International Journal of Climatology*, v.27, p.531-540, 2006.

MARENGO, J. A.; LIEBMANN, B.; KOUSKY, V. E.; FELIZOLA, N. P.; WAINER, I. C. Onset and End of the Rainy Season in the Brazilian Amazon Basin, *Journal of Climate*: Vol. 14, No 5, pp. 833-852, 2001.

MARENGO, J.A. *Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição de alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI*. 2.ed. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas, Brasil, 2007. 163p. (Biodiversidade, 26).

MARGULIS, S. *Causas do Desmatamento da Amazônia Brasileira*. 1ª edição. Brasília. 100p. julho de 2003.

NOBRE, C.A.; SELLERS, P.J.; SHUKLA, J. Amazonian deforestation and regional climate change. *Journal of Climate*, v. 4, n. 10, p. 957-988. 1991.

NOBRE, C.A.; SELLERS, P.J.; SHUKLA, J. Amazonian deforestation and regional climate change. *Journal of Climate*, v.4, p.957-988, 1991.

NOBRE, P., SHUKLA, J. Variations of sea surface temperature, wind stress and rainfall over the tropical Atlantic and South America *J. Climate*, v.9, p. 2464-2479, 1996.

PAEGLE, J., 1987: Interactions between convective and large-scale motions over Amazonia.

PHILANDER, S.G. *El Niño, La Niña, and the Southern Oscillation*. Academic press, INC. San Diego, California, 1990.

PROGRAMA DE DESFLOREESTAMENTO DA AMAZÔNIA (PRODES/INPE). Informações sobre desmatamento na Amazônia. . Disponível em: <www.obt.inpe.br/prodes>. Acessado em 25/11/2012.

SHUKLA, J. L., C. NOBRE, AND P. J. SELLERS, 1990 – Amazon deforestation and climate change. *Science*, 247: 1322-1325.

SILVA, A.N.B. *Índices de Extremos Climáticos e Tendências da Precipitação Anual e Sazonal na Amazônia Oriental nas Últimas Décadas*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Pará – UFPA, 2010.

TAVARES, A. *Análise climática sazonal da estação chuvosa de 2008/2009 e a precipitação observada no estado do Pará*. 2010. 44f. – Trabalho de Conclusão de Curso (graduação em meteorologia) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Faculdade de Meteorologia, Belém, 2010.

XAVIER, T. DE MA.B. S., SILVA, J.F. DA & REBELLO, E.R.G. (2002), *A Técnica dos Quantis – e suas Aplicações em Meteorologia, Climatologia e Hidrologia, com ênfase para as Regiões Brasileiras*, Thesaurus Editora, Brasília, 144 pp.