



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS
UFPA - EMBRAPA - MPEG**

THAIANE SOEIRO DA SILVA DIAS

**SAZONALIDADE CLIMÁTICA REGIONAL E A PRODUÇÃO DOS FRUTOS DE
AÇAÍ (*Euterpe oleracea* Mart.) NO ESTADO DO PARÁ**

BELÉM – PARÁ

2014

THAIANE SOEIRO DA SILVA DIAS

**SAZONALIDADE CLIMÁTICA REGIONAL E A PRODUÇÃO DOS FRUTOS DE
AÇAÍ (*Euterpe oleracea* Mart.) NO ESTADO DO PARÁ.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará - UFPA em parceria com o Museu Paraense Emílio Goeldi - MPEG e Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, em cumprimento às exigências para obtenção do grau de Mestre em Ciências Ambientais.

Área de Concentração: Ecossistemas Amazônicos e Dinâmicos Socioambientais.
Linha de Pesquisa: Física do Clima.
Orientador: Prof. Dr. Everaldo Barreiros de Souza.

BELÉM – PARÁ

2014

Dados Internacionais de Catalogação de Publicação (CIP)
(Biblioteca do Instituto de Geociências/UFPA)

Dias, Thiane Soeiro da Silva, 1988-

Sazonalidade climática regional e a produção dos frutos de açaí
(*Euterpe oleracea* Mart.) no estado do Pará / Thiane
Soeiro da Silva Dias. – 2014.

68 f. : il. ; 30 cm Inclui

bibliografias

Orientador: Everaldo Barreiros de Souza

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará,
Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Ciências
Ambientais, Belém, 2014.

1. Temperatura – Variações sazonais - Pará. 2. Precipitação
(Meteorologia) – Pará. 3. Umidade. 4. Açaí – Cultivo. 5. Mudanças
climáticas - Pará. I. Título.

CDD 22. ed. 553.454098115

THAIANE SOEIRO DA SILVA DIAS

**SAZONALIDADE CLIMÁTICA REGIONAL E A PRODUÇÃO DOS FRUTOS DE
AÇAÍ (*Euterpe oleracea* Mart.) NO NORDESTE DO PARÁ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Ciências Ambientais do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará - UFPA em parceria com o Museu Paraense Emílio Goeldi - MPEG e Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, em cumprimento às exigências para obtenção do grau de Mestre em Ciências Ambientais.

Data de aprovação: 26/05/2014

Banca Examinadora:

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

Prof. Edson José Paulino da Rocha - Membro
Doutor em Meteorologia
Universidade Federal do Pará - UFPA

Prof. Mário Augusto Gonçalves Jardim – Membro
Doutor em Ciências Biológicas
Museu Paraense Emílio Goeldi - MPEG

Prof. Paulo Jorge Oliveira Ponte de Souza – Membro Externo
Doutor em Agrometeorologia
Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA

Dedico este trabalho a minha preciosa mãe (Eliete) pela sua dedicação e boa vontade, a minha sobrinha (Ana Carolina) que amo muito.
E para meus amados e loucos pesquisadores pelos suas incansáveis inquietação e persistência.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a pessoa da trindade (Pai , Filho e o Espírito Santo) que nunca falhou comigo e sempre foi fiel. Mesmo sendo não merecedora e pecadora ele me apoiou nos momentos mais difícil e desanimador, me permitiu desta forma a realizar este sonho, dando capacidade e entendimento a pessoas que avançou no corpo deste trabalho (Everaldo Barreiros de Souza).

À minha amada poderosa mãe, Eliete Soeiro da Silva Dias, pela sua interseção e apoio na minha vida acadêmica e por acreditar no meu potencial, se não fosse por ela, não tinha alcançado este objetivo.

Agradeço a minha irmã Tharine Vidal e seu esposo Marcos Vidal que de alguma forma sempre estiveram ao meu lado, auxiliando, ajudando nas horas de dificuldades, dando amor e carinho.

Ao meu Pai (Dilson Flexa) que sempre me ensinou caráter dignidade, respeito e disciplina.

Ao Orientador Dr. Everaldo pela orientação, pelo ensino e pela sua generosidade e paciência. Por acreditar na minha capacidade e habilidade de desenvolver este estudo.

Aos professores Doutores que participaram desta banca examinadora (Edson José Paulino da Rocha, Mário Augusto Gonçalves Jardim e Paulo Jorge Oliveira Ponte de Souza), pelas valiosas contribuições científicas de aprimoramento e aos demais professores, que contribuíram para a minha formação acadêmica.

Ao programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais/Embrapa/ Museu-Goeldi pelo acesso e a disponibilidade das ajudas de custo e por permitir desta forma meu crescimentos científicos.

À faculdade de Meteorologia da Universidade Federal do Pará, ao Instituto de Geociência. Ao pessoal de suporte técnico e auxílio a pesquisa PIBIC/CNPq, a FAMET e ao laboratório RPCH, Aos fornecedores de dados IBGE/ SAGRI/NOAA e demais instituições.

As amigas e amigos que fiz durante estes dois anos de curso, Amanda Nascimento, Ana Paula, Jaqueline, Vânia Franco, Mauricio e Thiago Mota. Suas companhias sempre valerão ótimos desempenhos, pois delas crescerão opiniões e criatividade dos trabalhos; e digo mais excelentes profissionais: são futuros doutores de experiências e trabalhos dedicados.

Aos meus irmãos em Cristo (Célula NV), Josiane , Luciana, Romário, Elton, Jessica e Alessandro), admiro vocês pelas suas competências. E a todos os amigos que de alguma maneira sempre estiveram presentes e ajudaram direta ou indiretamente ao longo dos anos. Muito obrigada, que Deus derrame sobre vocês chuvas, de bênção e restaurações a cada pessoa.

"Toda Escritura é inspirada por Deus e é útil para o ensino, para a repreensão, para a correção e para a instrução na justiça."

II Tímóteo 3. vc.16

RESUMO

No presente trabalho analisaram-se as relações entre a sazonalidade climática regional e a produção de frutos de açaí representativa de 30 municípios do Estado do Pará durante um período de nove anos (2003 a 2011). As análises das correlações confirmaram que o padrão de precipitação, temperatura e umidade do ar interferem na produtividade de frutos de açaí na região, de tal forma que o regime do período chuvoso (meses de dezembro a maio) associa-se a baixa produtividade de frutos de açaí, enquanto que o período seco (Junho a Novembro) relaciona-se com alta produtividade de frutos de açaí. Além disso, foram investigados os impactos das mudanças climáticas na produção de frutos de açaí levando em conta os cenários futuros de clima regional. Através dos resultados de um modelo de regressão usando como variáveis preditoras a precipitação, temperatura e umidade atmosférica fornecidos pelo modelo global HadEGM2 do IPCC, demonstra-se que a quantidade de frutos de açaí (kg/ha) não vai sofrer mudanças significativas nos próximos 20 anos (2013 a 2032).

Palavras-chave: Sazonalidade. Modelagem Climatológica. *Euterpe oleracea* Mart. Pará.

ABSTRACT

At the present work were analyzed the relationship between the regional climatic seasonality and the production of açai fruits representative of 30 cities of Para during a period of 9 years (2003 to 2011). The analysis of correlations confirmed that the standard of precipitation, temperature and humidity interfere on the productivity of açai fruits in this region, such as the regime of rainy period (months of December to may) associate itself to the low productivity of açai fruits, while the regime of dry period (June to November) relates with high productivity of açai fruits. Moreover, it was investigated the impacts of climate changes on açai fruits production taking into account the future scenarios of regional climate. Throughout the results of a regression model using as predict variables the precipitation, temperature and humidity provided by global model HadGEM2 of IPCC, it is demonstrated that the quantity of açai fruits(Kg/ha) does not go suffer significative changes in the next 20 years(2013 to 2032).

Keywords: Seasonality. Climatic Modeling. *Euterpe oleracea* Mart. Pará

LISTA DE ILUSTRAÇÃO

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Evolução da produção do açaí (extrativista e plantado) no Estado do Pará - 1996 a 2009 | 21 |
| Figura 2 - Produtividade de frutos (kg/touceira) de açazeiro, em função da idade da planta. 22 | |
| Figura 3 - Produção mensal (%) de produtos extrativistas nas produtividades da Família Dumulakis, na Ilha das Onças, município de Barcarena, Pará, no ano de 1991.... | 23 |
| Figura 4 - Comportamento sazonal de preço de varejo do açaí, cupuaçu e bacaba no Estado do Pará, 2008. | 23 |
| Figura 5 - Época de produção de frutos em açazais nativos..... | 24 |
| Figura 6 - Planta do açazeiro (<i>Euterpe oleracea</i> Mart.) e o cacho de frutos de açaí. | 26 |
| Figura 7- Estrutura esquemática de uma cadeia produtiva de palmito desde o extrator até ao consumidor externo no município de Breves, no Estado do Pará. | 27 |
| Figura 8 - Principais mesorregiões do Estado do Pará e quantidade produzida do fruto (açaí) (%) de 1990/2003. | 28 |
| Figura 9 - Principais microrregiões e quantidade produzida do fruto (açaí) (%) na região Paraense 1990/2003. | 29 |
| Figura 10- Localização das 5 estações meteorológicas (círculos vermelho) do INMET nos municípios de PMO – Porto de Moz, BRE – Breves, SOU – Soure, CAM – Cametá, TUC – Tucuruí sobre a região que engloba 30 municípios de maior produção de frutos de açaí no nordeste..... | 31 |
| Figura 11 - Processos incluídos no modelo HadGEM2. | 36 |
| Figura 12 - Valores anuais de 2003 a 2011 da quantidade (em toneladas/ano) de frutos de açaí nos 30 principais municípios produtores do estado do Pará, e a média representativa de todo nordeste do paraense. | 37 |
| Figura 13 - Valores médios (9 anos: 2003 a 2011) da quantidade (em toneladas/ano) de frutos de açaí nos 30 principais municípios produtores do Pará e a média representativa da região..... | 38 |
| Figura 14 - Distribuição geográfica dos 30 municípios de maior produção de frutos do açaí no estado do Pará considerando a média de nove anos (2003 a 2011)..... | 39 |
| Figura 15 - Climatologia sazonal (média 1979/2012) de (a) ROLE sobre a América do Sul e Oceano Atlântico e (b) de precipitação – PREC sobre o nordeste do Pará durante as estações de DJF, MAM, JJA e SON. As escala de cores indicam a magnitude de ROLE em W/m^2 e de PREC em mm/dia. | 41 |

| | |
|---|----|
| Figura 16 - Climatologia (média 1979/2012) de PREC (mm/dia), UR (%), TMAX (°C) e TMIN (°C) representativa do nordeste paraense(média das 5estações: Porto de Moz, Breves, Tucuruí, Cametá e Soure) para os trimestres de DJF, MAM, JJA e SON. O mapa ao lado indica a localização das estações (círculos em vermelho) do INMET sobre os 30 municípios (áreas cinzas) produtores de açaí no Pará. | 43 |
| Figura 17 - Climatologia (média 1979/2012) de PREC (mm/dia), UR (%), TMAX (°C) e TMIN (°C) representativa do nordeste paraense (média das 4 estações: Porto de Moz, Breves, Cametá e Soure) para os períodos chuvoso (DJFMAM) e seco (JJASON)..... | 43 |
| Figura 18 – Distribuição mensal de excedente (valores negativos) e deficiências hídricas (valores positivos), das 5 estações meteorológicas: Porto de Moz, Breves, Tucuruí, Cametá e Soure, no período de 1979 a 2012..... | 45 |
| Figura 19 - Séries temporais da quantidade produzida (em kg/ha) de frutos de açaí representativa do Estado do Pará (média, máximo e mínimo dos 30 municípios) e também da PREC (mm/dia), UR (%), TMAX (°C) e TMIN (°C), da área A2(média das estações meteorológicas de PMOZ-CAM) correspondentes ao período chuvoso (DJFMAM) e seco (JJASON) durante os anos de 2003 a 2011. | 46 |
| Figura 20 - Dispersão entre as séries temporais (2003 a 2011) da quantidade dos frutos de açaí e PREC, UR, TMAX e TMIN para os períodos chuvoso (DJFMAM) e seco (JJASON)..... | 47 |
| Figura 21 – Dispersão entre as séries temporais (2003 a 2011) da quantidade frutos de açaí e PREC, UR, TMAX e TMIN para os períodos chuvoso (DJFMAM) e seco (JJASON)..... | 48 |
| Figura 22 – Dispersão entre as séries temporais (2003 a 2011) da quantidade frutos de açaí e PREC, UR, TMAX e TMIN para os períodos chuvoso (DJFMAM) e seco (JJASON)..... | 49 |
| Figura 23 – Séries temporais da PREC (mm/dia) observada nos regimes chuvoso e seco e os valores simulados pelo modelo HADGEM2 incluindo o resultado original (valor bruto) do modelo e a correção feita pelo respectivo valor de intensidade e sinal do viés em mm..... | 52 |

- Figura 24 - Produtividade (em kg/ha) de frutos de açaí, representativos de áreas de maior produção (A1), considerando os dados observados (linha preta) e projeções para os próximos 20 anos (2013 a 2032) via regressão linear múltipla, usando PREC, UR, TMAX e TMIN simuladas pelo modelo HADGEM2 para o regime chuvoso (linha vermelha), regime seco (linha azul) e regimes chuvoso-seco (linha verde).
.....56
- Figura 25 – Produtividade (em kg/ha) de frutos de açaí, representativos de áreas de produção média (A2), considerando os dados observados (linha preta) e projeções para os próximos 20 anos (2013 a 2032) via regressão linear múltipla usando PREC, UR, TMAX e TMIN simuladas pelo modelo HADGEM2 para o regime chuvoso (linha vermelha), regime seco (linha azul) e ambos regimes chuvoso-seco (linha verde)
.....57
- Figura 26 – Produtividade (em kg/ha) de frutos de açaí, representativos de áreas de menor produção (A3), considerando os dados observados (linha preta) e projeções para os próximos 20 anos (2013 a 2032) via regressão linear múltipla usando PREC, UR, TMAX e TMIN simuladas pelo modelo HADGEM2 para o regime chuvoso (linha vermelha), regime seco (linha azul) e ambos regimes chuvoso-seco (linha verde).58

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1 - Evolução da produção de açaí (fruto) nos principais estados extrativistas do Brasil - (R\$/Ton) | 20 |
| Tabela 2 - Descrição dos municípios produtores de frutos de açaí para os 30 municípios do Estado do Pará | 30 |
| Tabela 3 - Correlações entre as séries temporais (2003 a 2011) da produtividade máxima de açaí na área A1 e PREC, UR, TMAX e TMIN para os períodos chuvoso (DJFMAM) e seco (JJASON), com o respectivo valor-p e coeficientes de determinação (R ²). Valores em negrito indicam valores significantes ao nível de 90%..... | 47 |
| Tabela 4 - Correlações entre as séries temporais (2003 a 2011) da produtividade média de açaí, representante da A2 e PREC, UR, TMAX e TMIN para os períodos chuvoso (DJFMAM) e seco (JJASON), com o respectivo valor-p e coeficiente de determinação (R ²). Valores em negrito indicam valores significantes ao nível de 90% | 48 |
| Tabela 5 - Correlações entre as séries temporais (2003 a 2011) da produtividade mínima da A3 e PREC, UR, TMAX e TMIN para os períodos chuvoso (DJFMAM) e seco (JJASON), com o respectivo valor-p e coeficiente de determinação (R ²). Valores em negrito indicam valores significantes ao nível de 90%..... | 49 |
| Tabela 6 - Valores observados e simulados pelo HadGEM2 de PREC (mm/dia), UR (%), TMAX (°C) e TMIN (°C) na região da A2 para o regime chuvoso e seco considerando o o clima atual (1979/2012) incluindo o viés do modelo em mm e em % | 51 |
| Tabela 7 - Valores corrigidos do HadGEM2 de PREC (mm/dia), UR (%), TMAX (°C) e TMIN (°C) no nordeste paraense para o regime chuvoso e seco, considerando o clima atual (1979/2012) e clima futuro (2013/2032) o sinal de mudança em %, no futuro relativo ao atual..... | 53 |
| Tabela 8 - Parâmetros estatísticos correspondentes a montagem dos 3 modelos..... | 56 |

LISTA DE SIGLAS

BDMET- Banco de Dados Meteorológicos
BH- Balanço hídrico
BRE – Breves
CAM- Cametá
CMIP5-Coupled Model Intercomparison Project
CPC - Climate Prediction Center
DJF - Dezembro-Janeiro-Fevereiro
ETP- Evapotranspiração
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPCC - Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima
JJA- Junho-Julho- Agosto
MAM – Março-Abril-Maio
MAPE – Erro Percentual médio absoluto
MSE- Erro quadrático médio
NCEP - National Centers for Environmental Prediction
NE- Nordeste
PMO- Porto de Moz
PREC- Precipitação
RIT- Região de integração de Tocantins.
ROLE - Radiação Onda Longos Emergentes
SAGRI - Secretaria de Estado de Agricultura
SON - Setembro-Outubro-Novembro
SOU – Soure
TMÁX - Temperatura Máxima
TMÍN- Temperatura Mínima
TSM - Temperatura da Superfície do Mar
TUC – Tucuruí
UR- Umidade Relativa.
ZCAS - Zona de Convergência do Atlântico Sul
ZCIT- Zona de Convergência Intertropical

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO | 15 |
| 2.1 Objetivo geral | 18 |
| 2.2 Objetivos Específicos | 18 |
| 3 REFERENCIAL TEÓRICO | 19 |
| 3.1 Clima e produção florestal..... | 19 |
| 3.2 Perfil do açaizeiro (<i>Euterpe oleracea</i> Mart.) | 19 |
| 3.2.1 Aspectos econômicos | 19 |
| 3.2.2 Época da produção..... | 21 |
| 3.2.3 Etnobotânica | 24 |
| 3.2.4 Sistema de cadeia produtiva | 26 |
| 4 MATERIAL E MÉTODOS | 28 |
| 4.1 Área de estudo e dados utilizados | 28 |
| 4.2 Metodologia | 32 |
| 4.2.1 Balanço hídrico..... | 32 |
| 4.2.2 Correlações | 33 |
| 4.2.3 Regressão linear..... | 33 |
| 4 RESULTADOS..... | 37 |
| 4.1 Principais municípios produtores de açaí | 37 |
| 4.2 Sazonalidade Climática Regional | 39 |
| 4.3 Sazonalidade climática e a produção de frutos de açaí | 45 |
| 4.4 Clima futuro e projeções de produção de frutos de açaí | 50 |
| 5 DISCUSSÃO..... | 58 |
| 6 CONCLUSÕES..... | 62 |
| REFERÊNCIAS | 63 |

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas as pesquisas científicas nas áreas de meteorologia, climatologia e hidrologia têm sido realizadas enfocando diversas temáticas e métodos de análise. Nestes estudos é consenso que a variável de grande importância com relação ao clima, particularmente da Amazônia, é a precipitação pluviométrica (MORAES et al., 2005; SOUZA et al., 2005). A Amazônia apresenta sazonalidade climática pronunciada com máximo anual de precipitação ocorrendo durante os meses do verão e outono austral e mínimo anual durante o período seco (SOUZA et al., 2004).

No que concerne às atividades econômicas do setor produtivo, particularmente aquelas ligadas à agricultura, que ocorrem sob condições de céu aberto, há certa dependência da variabilidade climática regional (especialmente da distribuição temporal da precipitação), em especial nas regiões situadas nos trópicos, como é o caso do Pará. O sucesso na agricultura depende da precipitação pluvial para manter a umidade do solo necessária ao desenvolvimento das culturas (PEREIRA et al., 2012).

O foco do presente trabalho é a produção dos frutos de açaí, que é a produção extrativista, mais tradicional e importante da Amazônia. O açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) é nativo da Amazônia brasileira, onde o estado do Pará é o principal centro de dispersão dessa palmeira, de acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB (2012). Populações de açaizeiros também são encontradas nos Estados do Amazonas, Amapá, Maranhão, Mato Grosso e Tocantins. No entanto, é na região do estuário do Rio Amazonas que se encontram as maiores e mais densas populações naturais dessa palmeira, adaptada às condições elevadas de temperatura, precipitação pluviométrica e umidade relativa do ar (FREIRE, 2011).

Nos últimos tempos, pela sua dimensão social e principalmente pela importância econômica, a procura pelos frutos de açaí vem aumentando vertiginosamente no mercado externo, nas regiões Sudeste e Sul do Brasil. Essa demanda que é crescente a cada ano vem provocando a escassez do produto e a elevação dos preços ao consumidor amazônico em grande parte do ano (GUIMARÃES, 2004). Como consequência, a tendência é de que o preço aumente cada vez mais, já que o consumo médio interno é tradicionalmente alto aliado com o aumento do interesse pelo produto perante o mercado externo nacional e internacional.

Segundo Jardim e Anderson (1987), o açaizeiro floresce durante todos os meses do ano, porém a produção de flores é maior nos meses de fevereiro a julho, sendo que o principal período de frutificação ocorre de agosto a dezembro. Na época de baixa produção dos frutos

de açaí, os moradores ribeirinhos têm como alternativa econômica a extração do palmito que também possui demanda externa. Este processo é revertido a partir do mês de agosto até o final do ano devido o pico de frutificação.

Visando compreender as correlações entre a radiação solar, temperatura do ar, umidade relativa e precipitação no sub-bosque da floresta de várzea da ilha do Combu, próxima a região de Belém-PA, Freire (2011) demonstrou que a taxa de precipitação e de umidade atmosférica se relacionam com a sobrevivência das plântulas de açaí. A melhor correlação com o ingresso de novas plântulas foi à radiação solar quando esta variável assume valores maiores que a média, notadamente em julho, explicado pelo máximo processo de germinação da planta no solo da várzea.

Portanto, baseado no conhecimento empírico das comunidades locais e amparado pelos resultados das pesquisas científicas, como algumas mencionadas acima, supõe-se que a sazonalidade climática regional exerça influências diretas na quantidade de frutos de açaí produzidos no Estado do Pará. No presente trabalho foram investigadas as relações entre a quantidade de frutos de açaí (kg/ha) produzida nas mesorregiões paraense (englobando o estuário dos rios Amazonas e Tocantins) e os padrões de clima regional caracterizado pelo comportamento da precipitação, temperatura do ar e umidade atmosférica. A abordagem do estudo possui escopo interdisciplinar uma vez que são analisadas as relações entre uma variável biótica do ecossistema ou agroecossistema (informação sobre o quantitativo dos frutos da planta de açaí) e as variáveis abióticas da física do clima (fatores locais de temperatura e umidade do ar e o volume de água que chega à superfície pela ocorrência de precipitação das nuvens).

Não obstante, uma das grandes preocupações atuais da sociedade é a indicação de mudanças climáticas globais para meados e final do século XXI, reportadas no quarto relatório do Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC AR4, 2007) e no quinto relatório (IPCC AR5, 2013). As simulações obtidas em diversos modelos do sistema climático global apontam a Amazônia como uma das regiões ao redor do globo considerada como *hotspot*¹ (TORRES et al., 2012) de mudanças climáticas, cujas projeções apontam para condições mais quentes e mais secas nos próximos 50 anos (MARENGO et al., 2012a; PAINEL BRASILEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS-PBMC, 2013). Diante das projeções de cenários de clima futuro preconizados pelo IPCC, surge a necessidade de elaborar estudos sobre os impactos da mudança climática na agricultura, a qual é de

¹*Hotspot* é usado nos estudos climáticos para designar regiões com projeções de mudanças climáticas significativas aliadas ao alto grau de vulnerabilidade socioambiental.

importância vital para a economia brasileira através do agronegócio. Assad et al. (2008) conduziram um estudo abrangente sobre o efeito das mudanças climáticas na agricultura brasileira, sendo que seus resultados mostraram que o aumento das temperaturas em decorrência do aquecimento global tem um efeito líquido negativo na produtividade das principais culturas agrícolas, com indicativo de perdas na safra de grãos (soja, café, milho e feijão) estimadas em R\$ 7 bilhões já em 2020, podendo atingir R\$ 14 bilhões em 2070. Ainda neste estudo, a única cultura analisada para o norte do Brasil foi a mandioca, cujos resultados indicaram forte expansão com aumento da produção em todos estados amazônicos.

Neste contexto, o presente trabalho também apresenta uma contribuição sobre os impactos das mudanças climáticas na produção de frutos de açaí em decorrência de possíveis cenários futuros de clima regional sobre a Amazônia oriental durante as próximas duas décadas.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Investigar as relações entre a sazonalidade climática regional e a produtividade de açaí produzida no Estado do Pará, durante as condições de clima atual (últimos 9 anos). Além disso, analisam-se os impactos decorrentes de cenários regionais de mudanças climáticas sobre a produção de frutos de açaí para os próximos 20 anos (clima futuro).

2.2 Objetivos Específicos

- Mapear os principais municípios produtores de fruto de açaí no Estado do Pará;
- Diagnosticar as relações entre a sazonalidade climática regional e a quantidade de frutos de açaí durante os últimos anos (clima atual);
- Avaliar os impactos das mudanças climáticas regionais sobre a produtividade extrativa de açaí no Pará, através do desenvolvimento de um modelo de regressão com dados de entrada dados pelas projeções de clima regional fornecida por modelo climático para os próximos 20 anos (clima futuro).

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Clima e produção florestal²

A agricultura se apresenta como um segmento importante na cadeia produtiva e depende em grande parte das condições naturais, principalmente do clima e do solo, pois estes vão controlar seu crescimento e desenvolvimento.

Rodrigues e Szlafsztein (2009) afirmaram que os produtores das comunidades dos projetos de assentamento do município de Alenquer-PA tiveram perdas significativas em suas produções agrícola (farinha de mandioca e Castanha do Pará) devido ao excesso de chuva ocorrido no ano de 2009.

No estudo de Trompieri Neto, Magalhães e Soares (2010) sobre a influência do clima na economia do Ceará a partir da análise de variáveis climatológicas, econômicas e aplicação de um modelo econométrico, concluíram que a distribuição da precipitação contribuiu para o aumento da produção agrícola de grãos (arroz, milho e feijão), ao invés de outros parâmetros estudados (educação e infraestrutura).

Oliveira et al. (2010) estudaram a resposta térmica e hídrica sobre a cultura de milho e arroz no município de Altamira-PA, no período de 1998 a 2005 e constataram que os elementos meteorológicos (radiação solar incidente, precipitação e temperatura) são fatores importantes na produção dessas culturas.

Campos, Silva e Silva (2010), ao estudarem os impactos de aquecimento global no cultivo do feijão-caupi no estado da Paraíba, reportaram que as condições de aumento da temperatura do ar de 3 a 6 °C podem induzir no deslocamento das áreas de produção para regiões mais ao leste do estado onde a oferta hídrica é maior.

3.2 Perfil do açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart.)

3.2.1 Aspectos econômicos

O açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) é uma palmeira encontrada principalmente nas áreas de várzea e margens dos rios da região amazônica e, ocasionalmente, em terra firme. O vinho³ do açai é hábito de alimentação regional para população ribeirinha, e de baixa renda, muitas vezes acompanhado da farinha de mandioca, peixe e entre outros. A partir da década

²produção florestal é a atividade de transformação (processo) de matéria-prima em bens de consumo (produtos). Podendo ser provenientes de florestas plantadas ou de florestas naturais.

³Vinho é o suco ou polpa do fruto do açai, constitui-se numa alimentação dos ribeirinhos.

de 90, perceberam-se dois momentos; 1) o extrativismo do açaí passou a ser obtido de açaizais nativos manejados e de cultivos implantados em áreas de várzea e de terra firme, com e sem sistema de irrigação; 2) a produção do açaí passou a ser notada economicamente no mercado externo/internacional, principalmente dos Estados Unidos , União Européia , Japão e Coreia do sul (SANTANA, 2010).

Baseado neste contexto, o aumento da produtividade do açaí passou a ser importante aos elos dos processos industrial e comercial, para suprir as ações de exportação da produção de frutos. O Brasil, em 2008 deteve cerca de 120 mil toneladas/ano, dados referentes do IBGE. Os principais Estados produtores foram o Pará, o Maranhão e o Acre, sendo que o Pará foi responsável por 89% da quantidade produzida no País, conforme tabela 1.

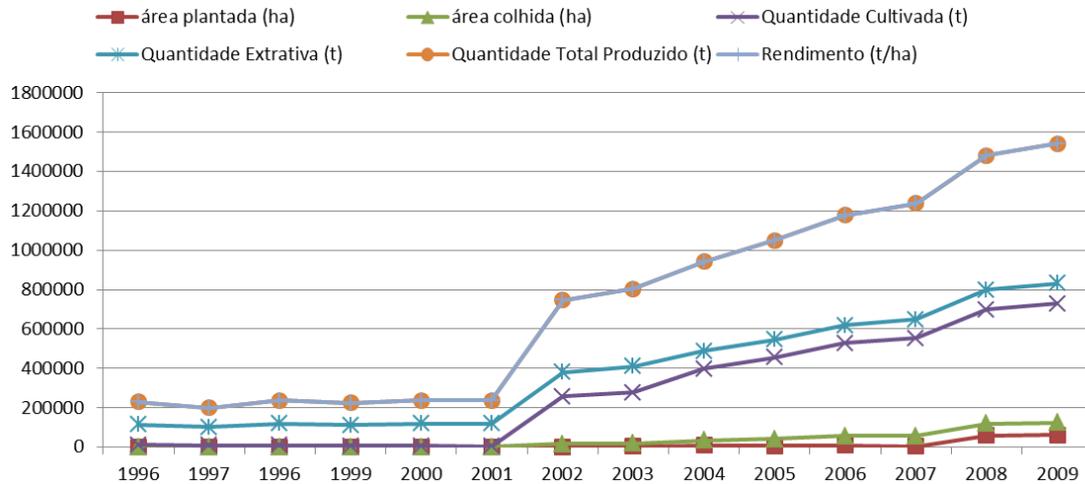
Tabela 1 - Evolução da produção de açaí (fruto) nos principais estados extrativistas do Brasil - (R\$/Ton)

| Brasil e Unidades da Federação | Variável | | |
|--------------------------------|----------------|-------------------|-------------------------------------|
| | Quantidade (t) | Valor (mil reais) | Participação (%) sobre a quantidade |
| Brasil | 120.890 | 133.746 | 100% |
| Pará | 107.028 | 122.638 | 89% |
| Maranhão | 9.191 | 7.432 | 8% |
| Acre | 1.537 | 745 | 1% |
| Amapá | 1.294 | 939 | 1% |
| Amazonas | 1.274 | 1.392 | 1% |
| Rondônia | 314 | 385 | 0% |
| Bahia | 250 | 213 | 0% |
| Tocantins | 2 | 4 | 0% |

Fonte: Elaborado pelo Banco do Brasil (2010).

Segundo dados da Secretaria de Agricultura do Pará (SAGRI) demonstrado na Figura 1, o açaí no Estado do Pará detém a maior produção nacional (extrativista e cultivada), quase 709 mil toneladas/ano, equivalente a 88%. De acordo com Santana e Costa (2008), o crescimento mostra uma evolução a uma taxa anual de 19,7%, com isso, gerou-se em 2010 um rendimento de aproximadamente R\$ 1.030 milhões para a economia do Estado.

Figura 1 - Evolução da produção do açaí (extrativista e plantado) no Estado do Pará - 1996 a 2009



Fonte: Adaptado a SAGRI (2010).

3.2.2 Época da produção

A produção do açaí depende do tipo de cultivo e do manejo. Em culturas de tipo de várzea, inicialmente seu desenvolvimento e crescimento variam de três a quatro anos após o plantio (EMBRAPA, 2006).

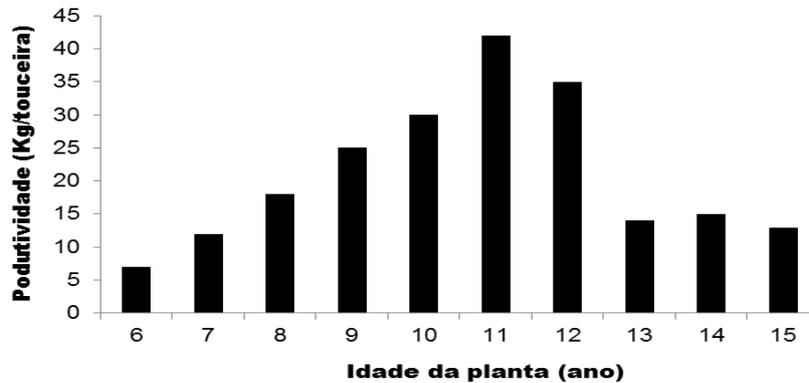
As diferenças nas produções de frutos são na maioria associados ao padrão fenológico de floração e frutificação da espécie, de acordo Jardim e Anderson (1987). Com isso evidenciamos duas épocas distintas na produção do açaí em região nativas da Amazônia, conforme Embrapa, (op. cit):

- **Safra de inverno:** Correspondente à época chuvosa (Dezembro a Maio) neste período os frutos normalmente são colhidos em diferentes estágios de maturação, sua coloração roxo-azulada é considerada de qualidade inferior;
- **Safra de verão:** Ocorre no período de estiagem (Junho a Novembro), cujos volumes de produção são o dobro da safra de inverno. Apresentam inúmeras quantidades de cachos e maior homogeneidade quanto ao estágio de maturação, sua coloração é vermelho-arroxeadada, considerada de alta potencialidade de produção frutifica.

Na touceira, a planta-mãe é a primeira a entrar em fase de produção. A produção dos dois primeiros anos é insignificante, crescendo bastante a partir do sexto ano após o plantio. Em pomar implantado em tipo de Latossolo Amarelo e textura leve, no espaçamento de 6m x 6m, manejado com três plantas por touceira com adubação orgânica e mineral observaram-se incrementos significativos na produção até o décimo primeiro ano, quando a produção de

frutos por touceira atingiu valor de 42 kg, decrescendo nos anos subsequentes, conforme ilustra a Figura 2.

Figura 2 - Produtividade de frutos (kg/touceira) de açazeiro, em função da idade da planta.

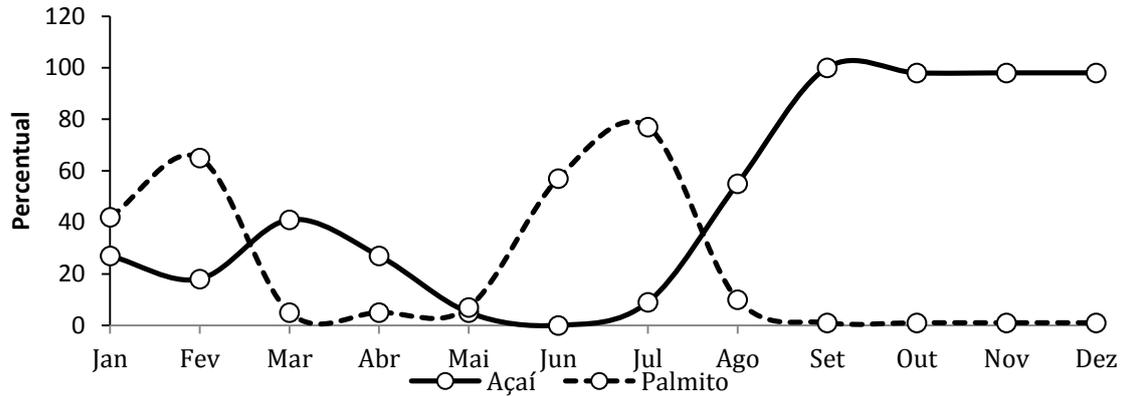


Fonte: Villachica et al.(1996).

A Figura 3 mostra que durante o extrativismo dos frutos e palmito ocorre pico de produção que conduzem a variação de preços em determinados meses do ano. Estas variações em nível socioeconômico são vistas pelos moradores como alternativas de sustentabilidade econômica levando em conta as duas épocas distintas durante o ano. A primeira pela extração de palmito e a segunda pela extração dos frutos. Outros frutos podem substituir no processo comercial, Nogueira e Santana (2009) evidenciaram que o açaí e a bacaba apresentaram sincronismo, na época de frutificação, ambos são complementares, pois quando se inicia o período de entressafra do açaí, começa a safra de bacaba (Figura 4).

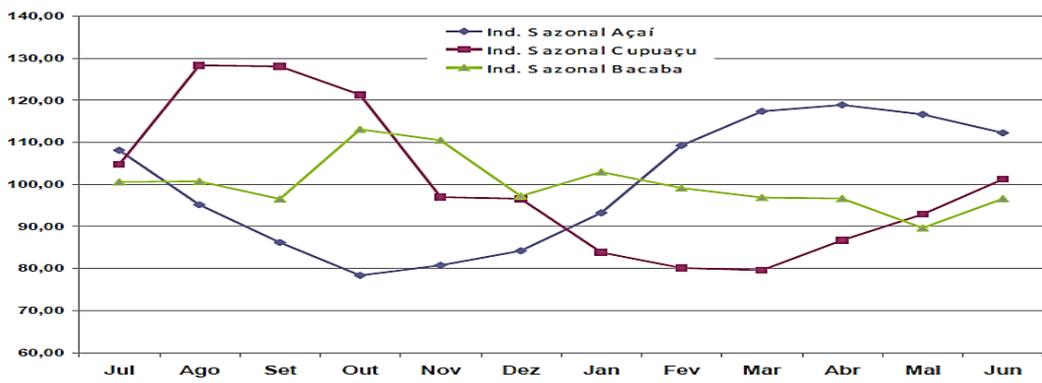
Vale ressaltar, que a produção do açaí ocorre praticamente o ano inteiro, caracterizando seu fator sazonal (ROGEZ, 2000), sendo determinado pelos diferentes tipos de épocas de produção e as condições do ecossistema. Isso pode afetar consideravelmente na economia de mercado, no entanto, o período de escassez que se estende de janeiro a junho, poderá aumentar os preços em relação à safra, de tal forma que nesta época, as indústrias paraenses vão depender exclusivamente da produção de frutos de outras localidades, como da ilha do Marajó, conforme indica as análises de Vicente (2012) resumidos na Figura 5.

Figura 3– Produção mensal (%) de produtos extrativistas nas produtividades da Família Dumulakis, na Ilha das Onças, município de Barcarena, Pará, no ano de 1991.



Fonte: Jardim (1996).

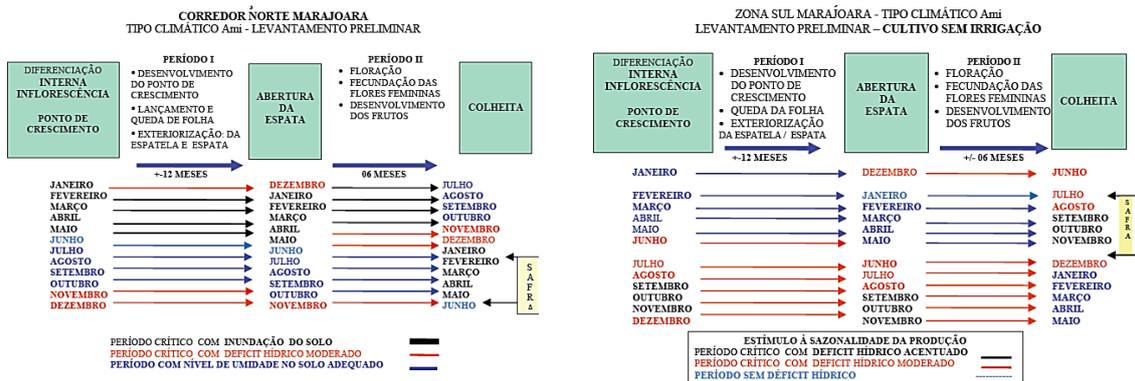
Figura 4 - Comportamento sazonal de preço de varejo do açaí, cupuaçu e bacaba no Estado do Pará, 2008.



Fonte: Nogueira e Santana (2009).

Silva (2011) demonstrou que os indicativos socioeconômicos dos frutos de açaí disponíveis para comercialização em maior volume (kg) nas feiras, mercados e portos de Belém no ano de 2010 ocorreu no período menos chuvosos, com picos de setembro a novembro, em conformidade com os estudos de Jardim e Kageyama (1994) sobre a fenologia de floração que se dá na época de frutificação de população natural de açaí no estuário amazônico.

Figura 5 - Época de Produção de Frutos em Açaiuais Nativos



Fonte: Vicente (2012).

3.2.3 Etnobotânica

Uma das espécies predominante no estuário amazônico é *Euterpe oleracea* Mart. (Figura 6). A planta pertence à ordem Arecales, ao gênero *Euterpe* da família Palmae, com sua semente apresentando uma drupa globosa, resíduo do estigma, lateralmente com diâmetro variando entre 1 e 2 cm, e pesando, em média, 1,5 g. O epicarpo, na maturação, é roxo ou verde. O mesocarpo, com cerca de 1 mm de espessura é polposo e envolve um endocarpo volumoso e duro que acompanha, aproximadamente, a forma do fruto e contém em seu interior uma semente, com embrião diminuto, endosperma abundante e ruminado (CAVALCANTE 1991; HENDERSON; GALEANO 1996; OLIVEIRA, 1998).

Outra característica do açazeiro é a capacidade de perfilhamento basal que difere de outras espécies do gênero. Este perfilhamento é de fundamental importância no fornecimento de matéria prima para indústria de palmito e papel (JARDIM, 2002). Na literatura, a touceira chega a ter 25 plantas em diferentes estágios de crescimento, variando em função das condições ambientais. Rogez (2000) relatou a existência de açazeiros com até 45 perfilhos por touceiras, sendo que a altura de uma touceira varia, em média, entre 25 a 30 metros.

O Quadro 1 mostra os diversos produtos que podem ser extraídos da palmeira de açai, contudo os dois produtos principais são: i) a polpa dos frutos que fornece o vinho e ii) o palmito. O palmito é utilizado pela indústria de conservas consumidas em saladas, empadas, entre outros, ou pode ser dado aos animais como ração (JARDIM; ANDERSON, 1987 apud OHASHI, 2004). Outros produtos têm surgido no mercado tais como: açai pasteurizado ou em combinações com xarope de guaraná e doce de leite ou ainda açai em pó solúvel.

Vários estudos mostram um meio sustentável de aproveitamento do fruto do açazeiro, conforme mostra as informações do Quadro 1. Tinoco (2005) e Nagaishi (2007) mostraram que a semente pode ser utilizada na produção de cosméticos, fibras em móveis, placas

acústicas, xaxim, compensados e indústria automobilística, podendo também usar para geração de energia.

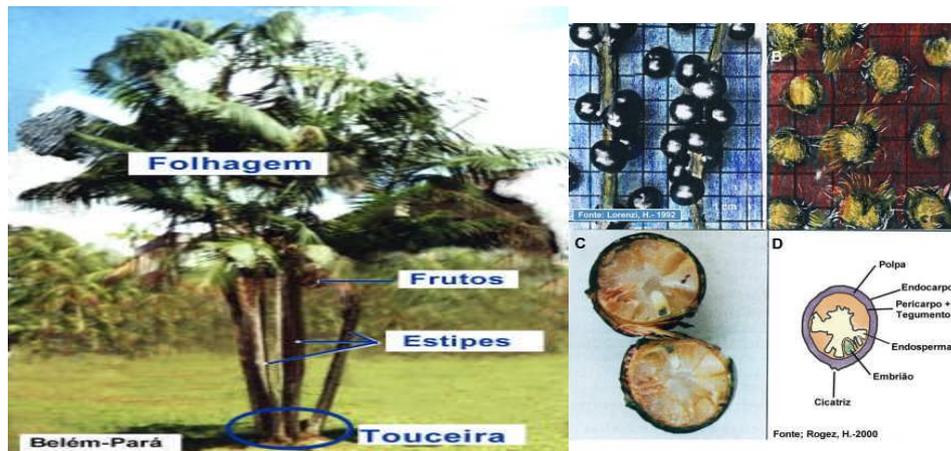
Exemplo nos estudos de Padilha; Canto e Rendeiro (2005), corroboram aos estudos anteriores, ao avaliarem o potencial das sementes de açaí para geração de energia, com levantamentos feitos em 1.657 pontos de venda de açaí que geraram um volume de 5.707 sacas e aproximadamente 2 MW de potência para utilização de energia elétrica. Este estudo demonstrou que há uma enorme possibilidade de aproveitamento dessa biomassa para geração de energia elétrica, principalmente nos sítios limítrofes à região metropolitana de Belém que são ainda desassistidos pela concessionária de energia local.

Quadro 1 - Produtos derivados da palmeira de açaí.

| Componentes: | | Produtos e sub-produtos: |
|------------------------|--------|--|
| Gema Apical | | Palmito para alimentação humana e ração animal |
| Folhas | | Cobertura de casas, parede, cesto, tapetes, chapéu, esteira, adorno caseiro, celulose, ração animal, adubo orgânico, cobertura morta e sombreamento de sementeiras e peçonhas. |
| Frutos | Polpa | Alimento, suco, creme, sorvete, licor, geléia, mingau, pudim, produção de álcool, Frutos pigmento para tintas produção de energia |
| | Caroço | Adubo orgânico, carburante e aterro. |
| Cacho (inflorescência) | | Vassoura, artesanato e adubo orgânico. |
| Cacho (inflorescência) | | Estipe (caule) Construção civil, construções rurais, lenha, adubo orgânico, celulose, isolamento térmicas e pequenas armadilhas |
| Raízes Vermífugo | | Vermífugas |
| A planta | | Paisagismo |

Fonte: Padilha; Canto e Rendeiro (op. cit.).

Figura 6 - Planta do açazeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) e o cacho de frutos de açaí.



Fonte: Padilha; Canto e Rendeiro (2005).

3.2.4 Sistema de cadeia produtiva

Jardim (2002) mostrou diversos fatores que influenciam na cadeia produtiva:

- 1) A forma de extração depende da área de produção manejada ou não manejada, várzea ou igapós. (Figura 7);
- 2) Diminuição nas densidades populacional de estipes;
- 3) Variações de preços dos produtos;
- 4) Qualidades dos produtos e renda obtidas por classes.

Neste contexto, Vedoveto (2008) ao analisar os padrões de qualidade constatou que são extremamente variáveis e que não existe nenhuma legislação que controle a qualidade do produto in natura. Para o produto beneficiado existe uma normatização do Ministério da Agricultura e Abastecimento (Diário Oficial nº175 de 13 de setembro 1999, Seção 1, P. 73) que preserva a qualidade do açaí sobre um mercado externo crescente (os controles não se aplicam ao mercado interno paraense)

Mattos (2010) realizou um estudo sobre a cadeia de comercialização do açaí, apontando na sua pesquisa que os maiores volumes de produção e renda estão identificados na região de estuário amazônico, destacando o município de Igarapé Miri, como sendo o maior produtor de açaí, apesar de não ter apresentado correlações no crescimento de investimento financeiro dentro do sistema de cadeias de comercialização

De acordo com dados do FNO os maiores produtores dentro do sistema de comercialização são os que apresentam maiores financiamentos (BANCO DO BRASIL, 2010), justificando o aumento da produção devido às entradas das tecnologias que

beneficiarão positivamente (geração de empregos) e negativamente (ao meio ambiente), onde é notável o aumento das áreas colhidas e a quantidade de frutos de açaí no período de entressafra e safra ao longo dos anos (SAGRI, 2013).

Figura 7- Estrutura esquemática de uma cadeia produtiva de palmito desde o extrator até ao consumidor externo no município de Breves, no Estado do Pará.



Fonte: Jardim (2002).

Na pesquisa de Silva (2011), as conexões das interações urbano-rural foram diagnosticadas trocas comerciais e simbólicas associadas aos recursos (não madeireiros e pesqueiros) da sócio biodiversidade regional de uso alimentar, medicinal, ornamental, artesanal e outros pela via do trabalho de extrativistas e produtores rurais. Dentro destes cenários, toda produção tem impacto na economia regional pelo volume disponibilizado e demanda por produtos nos portos, feiras e mercados de Belém, com isso, fortalece os vínculos e interações entre os ambientes urbano e rural.

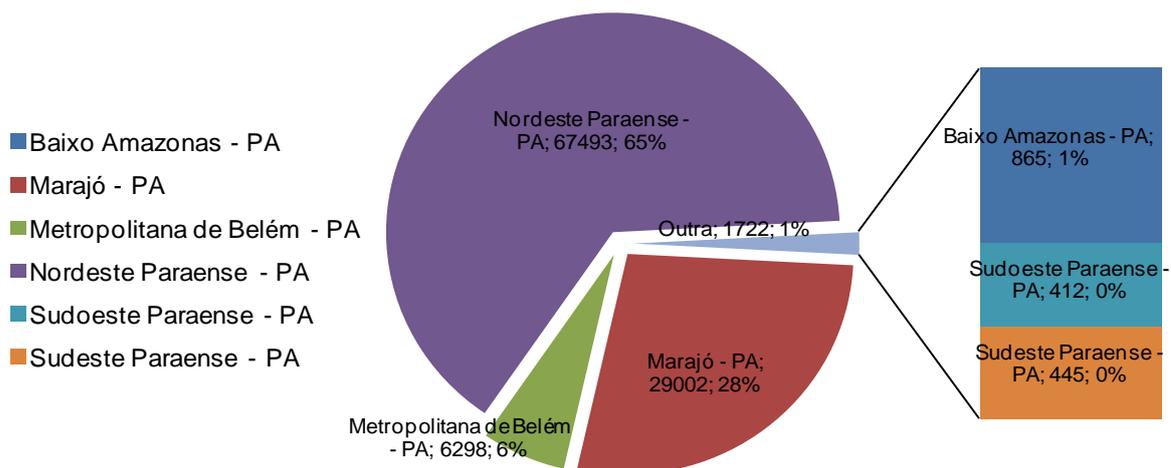
Portanto, nas análises inerentes, não há qualquer política que regule a comercialização ou a exploração das espécies principalmente se o produto é o açaí, pois qualquer política que garanta um melhor padrão que possa obter um preço mínimo e justo por parte do produtor e promova a conservação do recurso em longo prazo, ainda torna-se questionável.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área de estudo e dados utilizados

O Estado do Pará possui território ocupando uma área de 1.247.950,003 km², na qual vivem 7.581.051 habitantes distribuídos em 144 municípios, integrando seis mesorregiões e 22 microrregiões. Diante dos principais Estados brasileiros, o Pará, se destaca no setor econômico como principal produtor de frutos de açaí na Amazônia, possuindo cerca 140 empresas distribuídas no estado (SILVA, 2004), principalmente na região do Nordeste Paraense e no Marajó onde se concentram 93% do total de unidades de produção de polpa. Entretanto é na mesorregião do Nordeste que se concentra a maior produção de frutos de açaí com cerca de 65% da produção total, conforme dados do IBGE ilustrados na Figura 8.

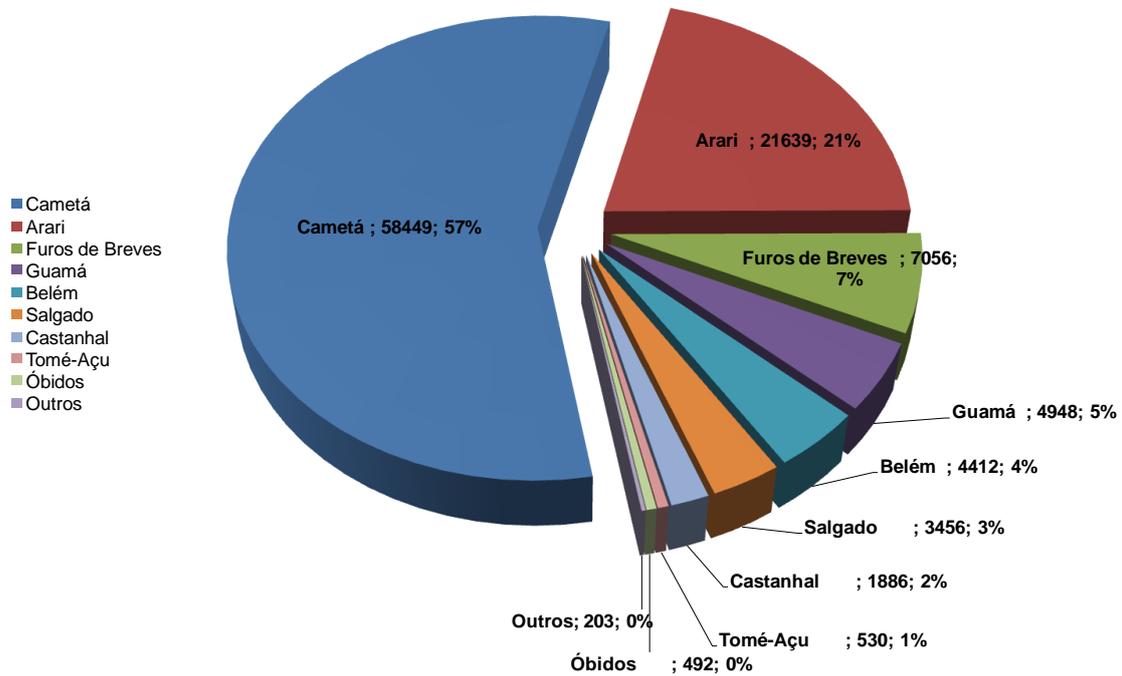
Figura 8 - Principais mesorregiões do Estado do Pará e quantidade produzida do fruto (açaí) (%) de 1990/2003.



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2013).

Segundo o IBGE, atualmente as principais zonas de produção de açaí no estado do Pará são as 17 microrregiões situadas em Cametá (Região nordeste Paraense) e Arari (Marajó), que juntas representam 77% do que é ofertado no Estado (Figura 9). O principal fator de crescimento da produção extrativista do fruto, a partir de 2003 a 2011, vem do contexto do aumento da demanda pelo fruto. Segundo Santana e Costa (2006), até o ano de 2000 cerca de 95% da produção do açaí no Pará tinha origem no extrativismo e, em 2004, a situação se reverteu, com 80% da produção sendo oriunda da produção manejada. Portanto, o aumento da produção de açaí está sendo impulsionado pela adoção de inovações tecnológicas no processo produtivo, com a ampliação dos cultivos em terra firme, utilizando tecnologia de irrigação para assim suprir ofertas que a cada ano são maiores.

Figura 9 - Principais microrregiões e quantidade produzida do fruto (açai) (%) na região Paraense 1990/2003.



Fonte: IBGE (2013)

Os dados de quantidade produzida (em toneladas/ano) de frutos de açaí foram obtidos no banco de dados da Pesquisa Agropecuária Municipal do IBGE para os municípios do estado do Pará, com dados disponíveis de 2003 a 2011 (nove anos). A análise exploratória destes dados permitiu identificar os 30 municípios maiores produtores extrativistas de açaí. O município que apresentou média, dos nove anos, maior do que 1000 toneladas/ano foi selecionado para compor as análises do presente estudo, sendo que a listagem dos 30 municípios produtores e respectivos dados registrados entre 2003 a 2011 são mostrados na Tabela 2.

Tabela 2. Descrição dos municípios produtores de frutos de açaí para os 30 municípios do Estado do Pará

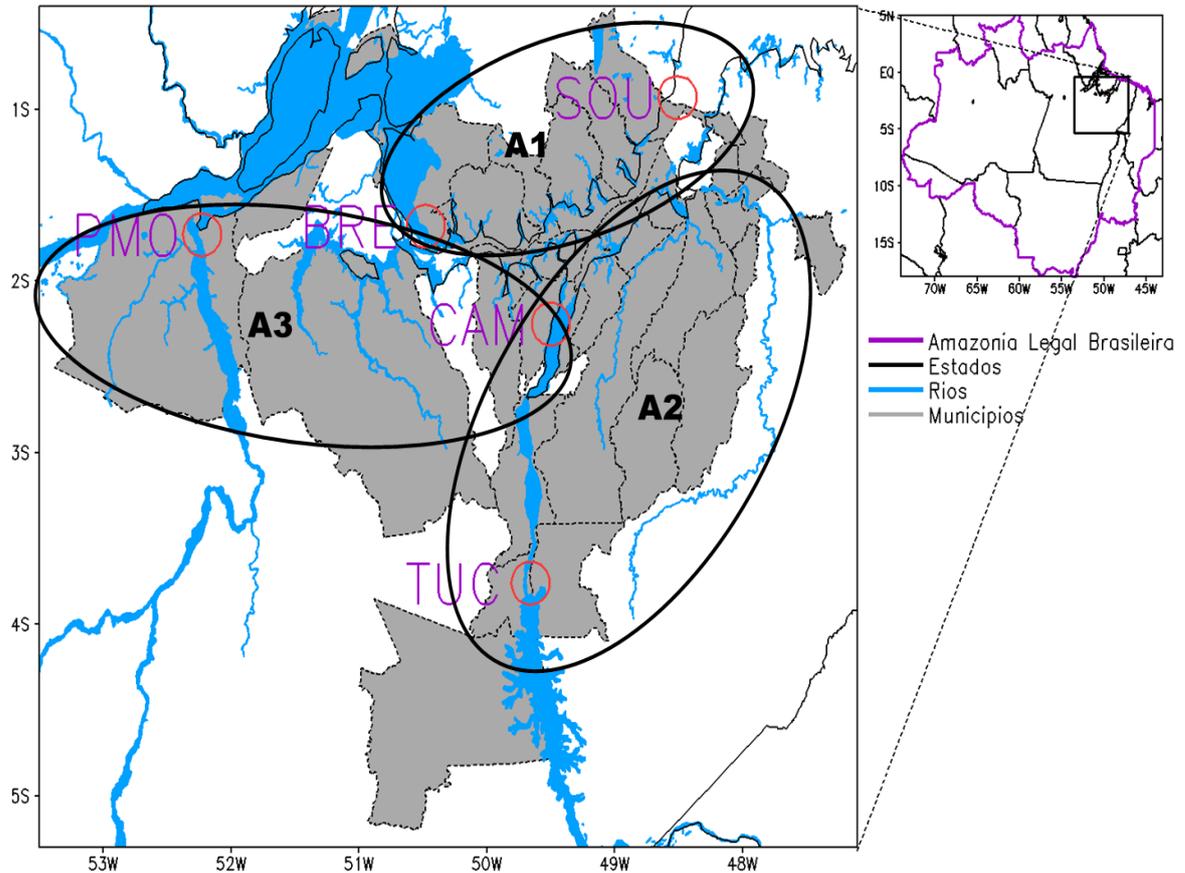
| Região Administrativa | Mesorregião | Microrregião | Municípios | Área plantada (Hectares) | Área colhida (Hectares) |
|-----------------------|------------------------|-----------------|----------------------------|--------------------------|-------------------------|
| Tocantins | Nordeste Paraense | Cametá | Igarapé-Miri | 15111 | 15111 |
| Tocantins | Nordeste Paraense | Cametá | Abaetetuba | 7009 | 7009 |
| Tocantins | Nordeste Paraense | Cametá | Cametá | 6276 | 6276 |
| Tocantins | Nordeste Paraense | Tomé-Açu | Acará | 2111 | 2111 |
| Rio Capim | Metropolitana de Belém | Castanhal | Bujaru | 2639 | 2639 |
| Tocantins | Nordeste Paraense | Cametá | Limoeiro do Ajuru | 4742 | 4742 |
| Rio Capim | Nordeste Paraense | Tomé-Açu | Tomé Açu | 1406 | 1406 |
| Tocantins | Nordeste Paraense | Cametá | Oeiras do Pará | 1689 | 1689 |
| Rio Capim | Nordeste Paraense | Tomé-Açu | Concórdia do Pará | 1048 | 1048 |
| Tocantins | Metropolitana de Belém | Belém | Barcarena | 1021 | 1021 |
| Marajó | Marajó | Arari | Ponta de Pedras | 1249 | 1249 |
| Tocantins | Nordeste Paraense | Tomé-Açu | Moju | 878 | 878 |
| Marajó | Marajó | Furos de Breves | São Sebastião da Boa Vista | 601 | 601 |
| Lago de Tucuruí | Sudeste Paraense | Tucuruí | Tucuruí | 642 | 642 |
| Guamá | Metropolitana de Belém | Castanhal | Santa Isabel do Pará | 620 | 620 |
| Marajó | Marajó | Portel | Portel | 356 | 356 |
| Marajó | Marajó | Furos de Breves | Curralinho | 176 | 176 |
| Marajó | Marajó | Portel | Gurupá | 204 | 204 |
| Guamá | Metropolitana de Belém | Castanhal | Inhangapi | 333 | 333 |
| Guamá | Metropolitana de Belém | Castanhal | Santo Antônio do Tauá | 226 | 226 |
| Marajó | Marajó | Arari | Muaná | 243 | 243 |
| Marajó | Marajó | Furos de Breves | Breves | 100 | 100 |
| Rio Capim | Nordeste Paraense | Guamá | Irituia | 167 | 167 |
| Marajó | Marajó | Arari | Cachoeira do Arari | 271 | 271 |
| Lago de Tucuruí | Sudeste Paraense | Tucuruí | Breu Branco | 141 | 141 |
| Tocantins | Nordeste Paraense | Tomé-Açu | Taiândia | 92 | 92 |
| Lago de Tucuruí | Sudeste Paraense | Tucuruí | Novo Repartimento | 100 | 100 |
| Tocantins | Nordeste Paraense | Cametá | Baão | 100 | 100 |
| Guamá | Metropolitana de Belém | Castanhal | Castanhal | 183 | 183 |
| Xingu | Baixo Amazonas | Almeirim | Porto de Moz | 108 | 108 |

Fonte: IBGE (2013)

Utilizam-se os dados de precipitação – PREC em mm/dia, umidade relativa – UR em porcentagem (%), temperatura máxima – TMAX e mínima – TMIN em ° C de cinco estações meteorológicas pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). A Figura 11 mostra a localização geográfica das estações (PMO – Porto de Moz, BRE – Breves, SOU – Soure, TUC- Tucuruí, CAM – Cametá), as quais se situam, justamente, sobre a região que engloba os 30 municípios produtores de frutos de açaí sobre o nordeste do Pará. Tais dados encontram-se disponíveis no banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa (BDMET), em termos de médias mensais para o período de 1961 a 2012.

Nos resultados de correlação aplicamos o procedimento de regionalização usando o critério de seleção subjetivo, delimitando áreas de máxima, média e mínima de produtividade, conforme a Figura 10, sendo que, a região A1 representa a localização de maior produtividade e está situada na porção norte sobre a mesorregião do Marajó, a região A2 apresenta a média produtividade numa faixa entre sudeste e nordeste paraense, a região A3 a de menor produtividade entre a mesorregião do baixo Amazonas e do nordeste paraense.

Figura 10- Localização das 5 estações meteorológicas (círculos vermelho) do INMET nos municípios de PMO – Porto de Moz, BRE – Breves, SOU – Soure, CAM – Cametá, TUC – Tucuruí sobre a região que engloba 30 municípios de maior produção de frutos de açaí no nordeste



Fonte: Elaborado pela autora.

Utilizou-se ainda, os dados de precipitação médios mensais disponíveis numa grade sobre o Brasil com resolução horizontal de 0.5° (~ 55 km) em latitude e longitude, no período de janeiro de 1979 a dezembro de 2012. Estes dados foram gerados através do sistema de análise de dados observacionais do Climate Prediction Center (CPC, NOAA-USA), e é baseado inteiramente em dados registrados pelas estações meteorológicas da rede nacional e estadual (SILVA et al., 2007). Maiores detalhes sobre o controle de qualidade e sobre a técnica de análise objetiva e interpolação usados na geração da precipitação CPC podem ser encontrados em Chen et al. (2008). Além disso, também se usam os dados de radiação de onda longa emergente (ROLE), estimados por satélites, que são indicativos de nebulosidade convectiva tropical, os quais se encontram disponíveis numa grade global com resolução de $2,5^\circ$ no período de 1979 a 2012 (LIEBMANN; SMITH, 1996).

4.2 Balanço hídrico

As estimativas da disponibilidade hídrica do solo foram realizadas pelo método proposto por Thornthwaite e Mather, apresentado por Pereira et al.(2002). Segundo este autor, o balanço hídrico é a contabilização de água no solo, baseado no princípio de conservação de massa em um volume de solo vegetado, ou seja, é a contabilização da entrada e saída de água no solo.

Para o cálculo do Balanço hídrico climático (BHC), a capacidade de água disponível ou armazenamento máximo de água no solo adotado foi de 100 mm, podendo considerar tal valor como uma condição média para a maioria dos tipos de solos cultivados. Obtiveram-se as médias mensais de precipitação, temperatura e insolação, do período de 1961 a 2012 usados para as cinco regiões de estudo, conforme os dados de estação disponível do INMET, as demais variáveis foram estimadas através de fórmulas semiempíricas, tais como as evapotranspiração potencial e real (WAHNFRIED e HIRATA, 2005).

A evapotranspiração potencial calculada pelo método de Thornthwaite, segue as equações a seguir:

$$ETPp = 16 \left(10 \frac{t_i}{I} \right)^a \quad (1)$$

$$a = 6,75 \cdot 10^{-7} I^3 - 7,71 \cdot 10^{-5} I^2 + 1,79 \cdot 10^{-2} I + 0,4924 \quad (2)$$

$$I = \sum_{j=1}^{12} (0,2 T_j)^{1,514} \quad (3)$$

Em que: ETPp = evapotranspiração para uma condição-padrão com duração do período diurno de 12 horas e mês com 30 dias (mm por mês);

Ti = temperatura média do período decendial ou mensal (°C);

I = índice de calor da região, calculado com valores normais (média climatológica do BDMET);

a = função de terceiro grau do parâmetro I.

Para estimar a evapotranspiração diária ou mensal, deve-se ajustar a ETPp, multiplicando-a por um fator de correção (FC), ou seja:

$$ETP = ETPp \times FC \quad (4)$$

$$FC = \frac{N \cdot ND}{12 \cdot 30} \quad (5)$$

Sendo: N a duração média do dia (horas) do período de estimativa da evapotranspiração e ND é o número de dias desse mesmo período.

4.3 Correlações

Esta técnica foi usada para investigar as relações estatísticas entre a sazonalidade climática regional e a quantidade produzida de frutos de açaí na região que engloba os 30 municípios do nordeste paraense. O cálculo da correlação foi obtido através do produto de Pearson (r_{xy}), dada pela equação 6, conforme usado por Freire et al. (2013).

O estudo de Figueiredo Filho e Silva Junior (2010) definiram o coeficiente de correlação linear de Pearson como uma magnitude de associação linear entre variáveis. O sinal indica direção positiva ou negativa do relacionamento e o valor sugere a força da relação entre as variáveis. Todavia a magnitude do coeficiente, no estudo de Dancey e Reidy (2006) apontou para uma classificação diversificada, onde: $r = 0,10$ até $0,30$ é dito (fraco); $r = 0,40$ até $0,60$ (moderado); $r = 0,70$ até 1 (forte). Quanto mais próximo de -1 ou 1 a correlação é perfeita.

Para análise das correlações utilizou-se as variáveis climáticas PREC, TMÁX, TMÍN e UR para o período sazonal chuvoso (DJFMAM) e seco (JJASON), para os nove anos de estudo (2003 a 2011), a fim de relacionar as variáveis aos dados de produtividade de açaí. Tais dados foram utilizados para obtenção da climatologia sazonal afins de projeções futuras.

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{(n-1)s_x s_y} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (6)$$

Onde: \bar{x} e \bar{y} são as médias das amostras de X (PREC, TMÁX, TMÍN e UR) e Y (quantidade produzida de açaí em kg/ha), e s_x e s_y são os desvios padrão das amostras de X e Y.

4.4 Regressão linear

De acordo com Garcia e Reichardt (1989) para estabelecer a conectividade das condições climáticas em relação à produtividade de fruto do açaí, aplica-se a análise da regressão linear múltipla, esta dispõe de duas ou mais variáveis, sendo a variável dependente (y) a produtividade da cultura e as independentes, em geral, os elementos do clima, como precipitação, temperatura do ar e umidade relativa. Tal processo precisa chegar a uma equação de predição funcional e de fácil aplicação prática, a fim de se encontrar a “melhor regressão” envolvendo somente as variáveis que são instrumentos de predição úteis, ou seja, não destrutivos e que permitam a estimativa com antecedência à ocorrência do fenômeno avaliado.

De acordo Levine et al.(2008) o princípio consiste em modelar uma variável quantitativa dependente y através da combinação linear de p variáveis explicativas quantitativas x_1, x_2, \dots, x_p . O modelo estatístico pode ser escrito para observações i como segue na equação abaixo:

$$y_i = \beta_0 + \sum_{j=1}^p \beta_j x_{ij} + \varepsilon_i \quad (7)$$

Sendo y_i o valor resposta da observação (produtividade de fruto) para a variável dependente e observação i (açai), x_{ij} é o valor considerado pela variável $j(1,2,3\dots)$, e observação i , e ε_i é o erro do modelo, β_{0j} é o intercepto de cada modelo. Para o caso de regressão simples $p = 1$ e para o caso de regressão múltipla $p = 1, 2$ ou 3 ou mais, ou seja, usa-se 2 ou mais variáveis explicativas para prever y .

No presente trabalho, utilizou-se os procedimentos estatísticos realizados para estimar as equações de predição das produtividade de açai, na qual selecionou-se apenas as variáveis com coeficientes de correlação significativos e com maiores valores, conforme Nunes (1998) e Ribeiro Júnior (2001), considerando a significância dos coeficientes de regressão $\alpha=10\%$ de probabilidade.

Para elucidar as relações é importante analisar três parâmetros estatísticos importantes obtidos no modelo de regressão simples e múltipla (PIMENTEL GOMES, 2000):

O coeficiente de determinação (R^2) cujo valor é entre 0 e 1 e é dado pela expressão:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n w_i (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n w_i (y_i - \bar{y})^2} \quad (8)$$

Sendo w o peso usado para estimar os coeficientes da equação de regressão. O R^2 é interpretado como a proporção da variabilidade da variável dependente do modelo. Quanto mais próximo de 1 melhor será a performance do modelo.

O Erro Quadrático Médio (MSE) é determinado pelo somatório dos erros, penalizando os erros grandes elevando-os ao quadrado e dividindo pelo número de erros usados no cálculo, e é dado por:

$$MSE = \frac{1}{W - p^*} \sum_{i=1}^n w_i (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (9)$$

O Erro Percentual Médio Absoluto (MAPE) leva em consideração o valor erro médio percentual para cada ponto previsto e depois é dividido novamente pelo número de observações de toda a série, e é dado por:

$$MAPE = \frac{100}{W} \sum_{i=1}^n w_i \left| \frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i} \right| \quad (10)$$

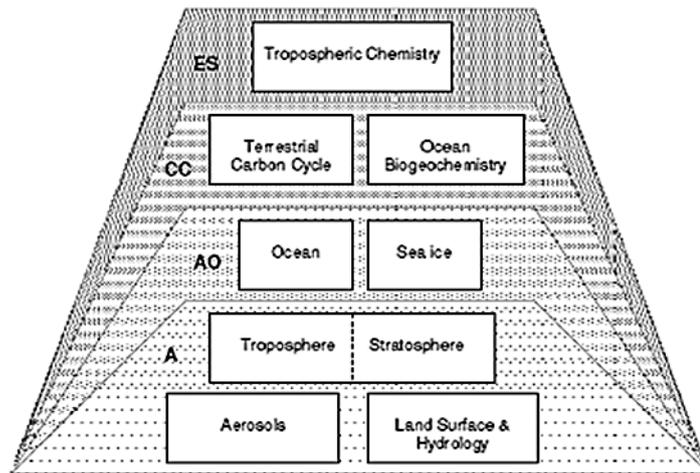
Quanto menor for o MSE e MAPE melhor será a desempenho do modelo (SANTOS et al., 2011).

4.2.3 Descrição do Modelo HAdGEM2 e configuração das simulações.

Neste estudo, os aspectos de simulação do clima atual e futuro da Amazônia foram baseados nos resultados da versão 2 do modelo do Hadley Centre (HADGEM2) de acordo com Collins et al. (2011), que usa o estado-da-arte em simulação numérica do sistema climático global. O HADGEM2 é um modelo acoplado com a componente atmosférica possuindo resolução horizontal de 1.25° em latitude, e 1.875° em longitude, com 38 níveis verticais, e a componente oceânica tendo 1° em latitude e longitude com 40 níveis verticais.

Na Figura 11 está ilustrada a configuração dos processos oceânico-atmosférico representativos do sistema climáticos. Os trapézios sombreados ilustram as fases de que a configuração completa do Sistema Terrestre pode ser construída, começando com a Atmosfera, em que (A) é a configuração (com ou sem uma estratosfera, S), com a adição de oceanos e os mares; os componentes de gelo constituem configuração do acoplado oceano-atmosfera (AO) para que os processos do ciclo de carbono possam ser adicionados para formar o acoplado ciclo de carbono (CC) de configuração, e, finalmente, a adição de química troposférica completando a configuração do Sistema Terrestre (ES).

Figura 11 - Processos incluídos no modelo HadGEM2.



Fonte: Martin et al. (2011)

As saídas do modelo HADGEM2 foram preparadas para o Coupled Model Intercomparison Project phase5 (CMIP5, dados disponíveis em <http://cmip-pcmdi.llnl.gov/cmip5>) para compor o quinto relatório do IPCC-AR5, publicado em setembro de 2013. No presente trabalho, documenta-se uma análise do desempenho do modelo HADGEM2 em simular o regime de precipitação do período chuvoso e seco do nordeste do Pará durante o clima atual. Além disso, analisam-se as projeções de clima futuro para os próximos 20 anos (2013 a 2032) baseado nas simulações do HADGEM, geradas com os cenários globais do IPCC denominado de *RCP 4.5*⁴ (Representative Concentration Pathways; VAN VUUREN et al., 2011). O cenário RCP 4.5 é considerado intermediário em termos da forçante radiativa global em torno de 4.5W/m^2 (~ 650 ppm de CO_2 equivalente) até o ano de 2100.

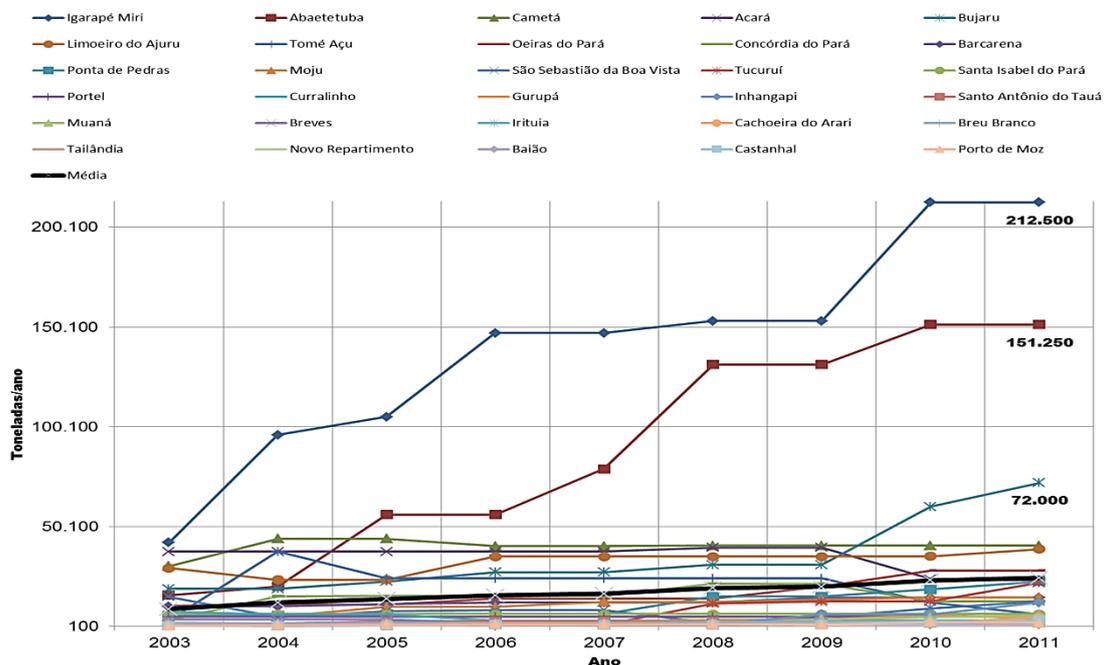
⁴*RCP4.5* é considerado um conjunto intermediário de influência de emissões antrópicas incluindo CO_2 , CH_4 , N_2O , HFCs, PFCs e SF_6 , mas também apresenta gases quimicamente ativos, tais como monóxido de carbono (CO) e compostos orgânicos voláteis (VOCs) de Clarke et al.(2007).

4 RESULTADOS

4.1 Principais municípios produtores de açaí

A Figura 12 ilustra os valores anuais da quantidade (em toneladas) de frutos de açaí nos principais municípios produtores do estado do Pará, baseados nos dados do IBGE. São 30 municípios paraenses em que a quantidade média registrada no período de 2003 a 2011 (média de 9 anos) é maior do que 1000 toneladas/ano. Analisando as séries temporais da Figura 12, nota-se um aumento sistemático da quantidade produzida ao longo dos últimos anos, com destaque para os municípios de Igarapé-Mirim e Abaetetuba que praticamente duplicaram a quantidade de produção ano após ano, sendo que o último dado registrado em 2011 é da ordem de 150 mil toneladas/ano (em produtividade média de 8500 kg/ha) em Abaetetuba, e mais de 200 mil toneladas/ano (em produtividade média de 12500 kg/ha) em Igarapé-Miri.

Figura 12- Valores anuais de 2003 a 2011 da quantidade (em toneladas/ano) de frutos de açaí nos 30 principais municípios produtores do estado do Pará, e a média representativa de todo nordeste do paraense.

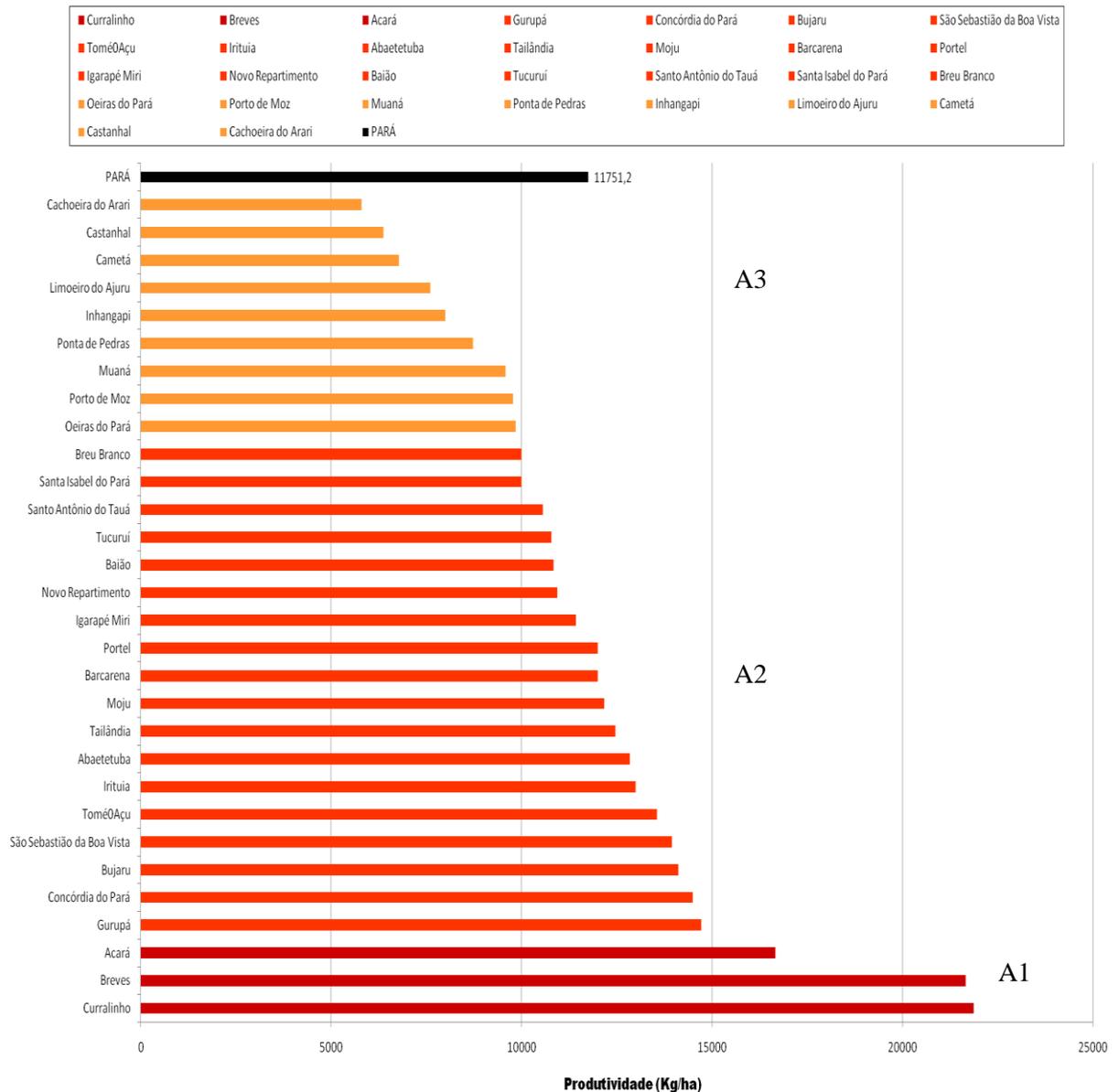


Fonte: Elaborado pela autora.

A Figura 13 mostra o ranking dos 30 municípios de maior produção de frutos do açaí no estado do Pará considerando a média de nove anos (2003 a 2011). Nesta figura, verifica-se que o maior produtor de açaí é o município de Curralinho com quase 21.875 mil kg/ha, seguido de Breves com aproximadamente 21.700 mil kg/ha e Acará com valores em torno de 16.672 mil kg/ha. Os municípios de Gurupá, Concórdia do Pará e Bujaru apresentam

produção da ordem de 14 toneladas/ha. A média representativa dos 30 municípios, considerada a média do todo nordeste do Pará, oscila em torno de 11 mil toneladas/ha (11.751 kg/ha).

Figura 13- Valores médios (9 anos: 2003 a 2011) da quantidade (em toneladas/ano) de frutos de açaí nos 30 principais municípios produtores do Pará e a média representativa da região.

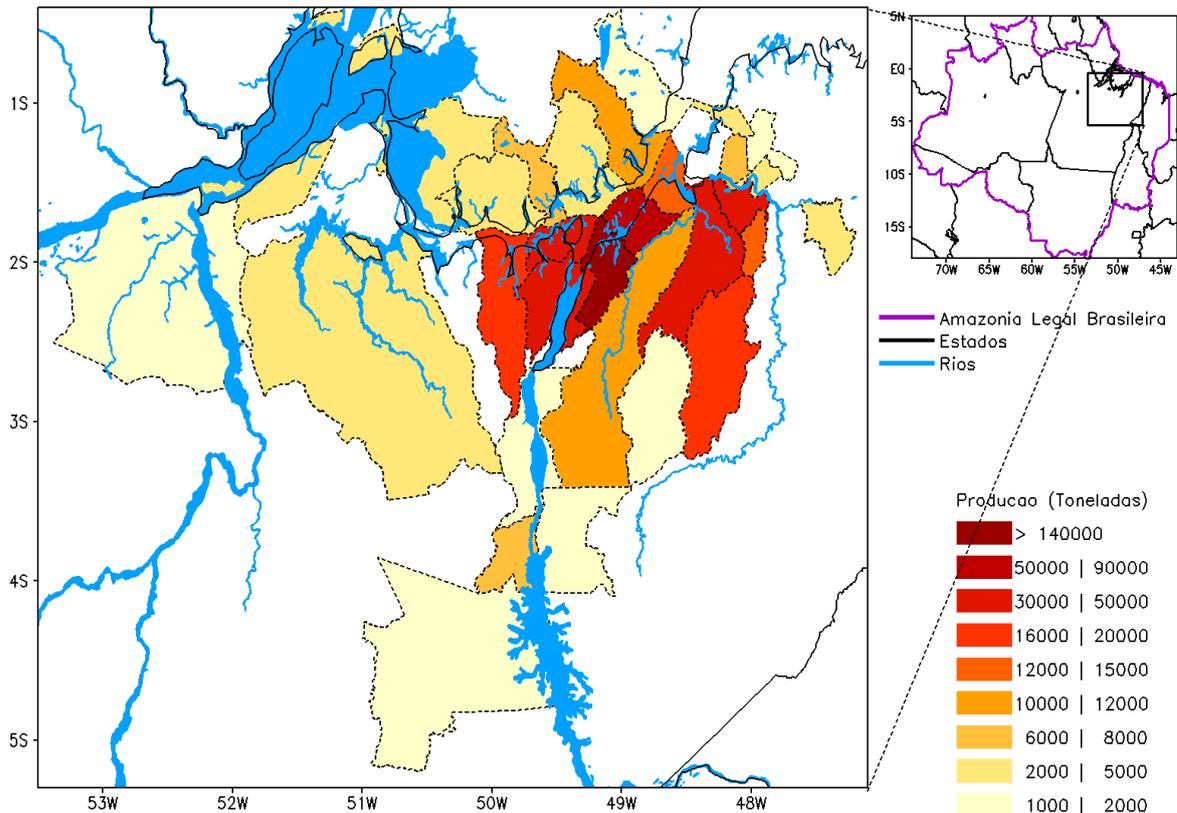


Fonte: Elaborado pela autora

Complementando a análise da Figura 13, ilustra-se na Figura 14 a distribuição geográfica (especialização) dos 30 municípios de maior produção de frutos do açaí no estado do Pará, considerando a média de nove anos (2003 a 2011). Constata-se claramente que os principais produtores de açaí localizam nas mesorregiões do NE paraense e do Marajó, cujas regiões propiciam a dominância e adensamento dos açazais nativos de várzeas nos estuários

do baixo Amazonas, rio Tocantins, rio Xingu e rio Pará, de acordo (PADILHA et al., 2005). A escala de cores mostra a magnitude da quantidade de frutos produzida, onde a cor vermelho escuro indica os municípios de maior produção(t), e a cor amarelo claro indica os municípios de menor produção.

Figura 14 – Distribuição geográfica dos 30 municípios de maior produção de frutos do açaí no estado do Pará considerando a média de nove anos (2003 a 2011).



Fonte: Elaborado pela autora

4.2 Sazonalidade Climática Regional

Com a finalidade de se investigar os aspectos climatológicos sazonais (média do período de 1979 a 2012), nos trimestres de DJF, MAM, JJA e SON na região de estudo, analisam-se as médias sazonas de ROLE (Figura 15a), indicativo da atividade convectiva, ou seja, a formação de nuvens tropicais associadas à atuação da ZCIT na Amazônia oriental e também da ZCAS no centro-sul da Amazônia) sobre o Brasil tropical e a distribuição climatológica de precipitação sobre o nordeste do Pará (Figura 15b).

Na figura 15a nota-se no trimestre do verão (DJF), a presença de uma grande área contendo valores de ROLE abaixo de 220 W/m^2 (contornos em azul e roxo) que indicam a formação de nebulosidade tropical estendendo-se numa orientação noroeste/sudeste, desde o centro sul da Amazônia (sobre os estados do Amazonas, Rondônia e Mato Grosso), passando

pelo centro-oeste (Mato Grosso e Goiás) e chegando até a região sudeste (São Paulo e Minas Gerais) do Brasil. Esta região de convecção é primariamente associada ao posicionamento da ZCAS que possui maior frequência nos meses de dezembro e janeiro e explica a maior parte das chuvas intensas de verão sobre a maior parte do Brasil (CARVALHO et al., 2004). A ZCAS também induz a ocorrência de precipitação no Pará, com valores entre 9 e 11 mm ao longo dos municípios próximos ao rio Tocantins (Figura 15b).

Ainda em DJF, observa-se outra área contendo valores de ROLE entre 220 e 240 W/m^2 atuando sobre o Oceano Atlântico equatorial, próximo à costa nordeste da Amazônia oriental, notadamente nos estados do Amapá e Pará (Figura 15a). Essa região de convecção é relacionada à ZCIT que influencia diretamente nos volumes de chuva dos municípios localizados ao longo do litoral paraense e ilha de Marajó, com valores entre 9 e 11 mm/dia (Figura 15b).

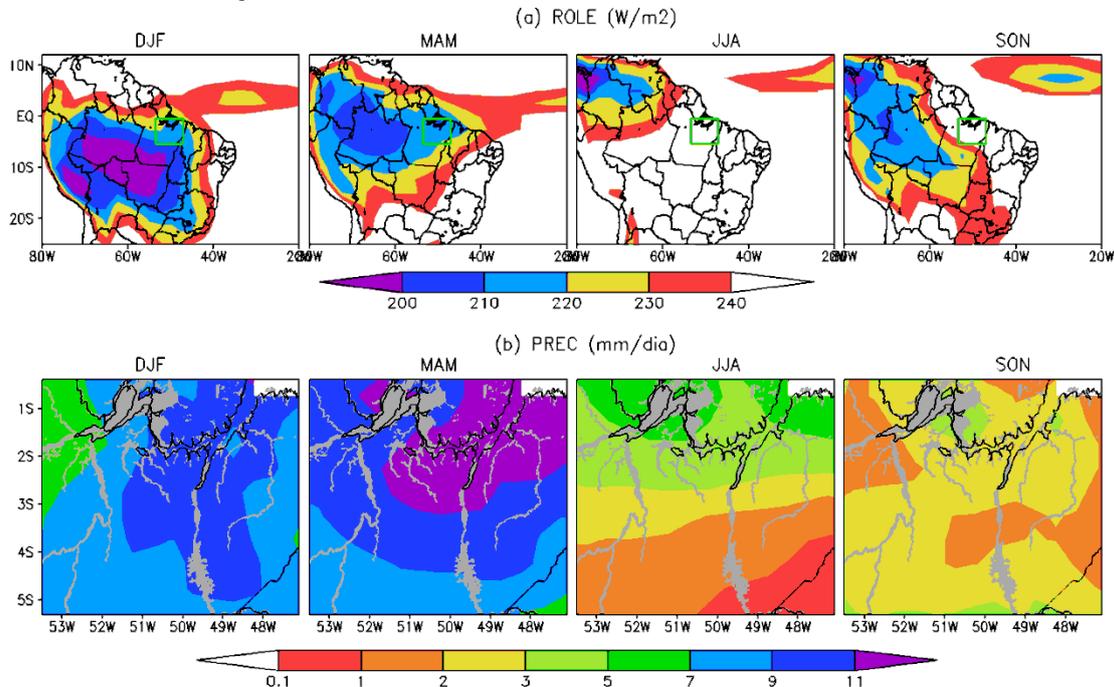
Durante o outono (MAM), nota-se uma descaracterização da área de convecção associada à ZCAS e verifica-se o domínio de uma grande área contendo ROLE entre 200 e 230 W/m^2 que se estende numa direção zonal desde o Amazonas até o Pará, incluindo o Oceano Atlântico equatorial sul (Figura 15a). Esta faixa de convecção alongada zonalmente é devido à atuação da ZCIT que alcança sua posição mais austral em março (NOBRE; SHUKLA, 1996; SOUZA et al., 2004). Assim, a ZCIT explica os altos índices pluviométricos no Pará, sendo que este período registra os valores máximos do ano, com volume de chuva maior do que 11 mm/dia nos municípios do nordeste paraense que inclui o Marajó (Figura 15b).

O trimestre do inverno (JJA) é caracterizado pela redução drástica na intensidade da precipitação (Figura 15b) no Pará, sobretudo na porção centro-sul do estado que passa a apresentar volume de chuva abaixo de 2 mm (em MAM era de 7 a 9 mm). No setor mais a nordeste, que inclui o litoral e o Marajó, a precipitação oscila entre 3 a 7 mm. O campo de ROLE (Figura 15a) mostra que a convecção (nebulosidade associada a valores de ROLE abaixo de 240 W/m^2) tropical encontra-se em latitudes ao norte da América do Sul e Atlântico norte, em virtude do deslocamento aparente do sol em direção ao hemisfério norte. A posição da convecção ao norte do continente associa-se com um ramo de ar descendente no centro-sul da Amazônia que inibe a formação de nuvens e explica a redução da chuva em JJA.

No trimestre da primavera (SON) a área de convecção da ZCIT ainda continua sobre o Atlântico norte (Figura 15a), contudo aparece uma região de atividade convectiva (ROLE abaixo de 220 W/m^2) sobre a Amazônia ocidental (Amazonas, Acre e Rondônia) que propicia

o aumento de chuva nesta região. Na porção oriental da Amazônia, o volume pluviométrico persiste com valores reduzidos entre 1 e 3 mm.

Figura 15 – Climatologia sazonal (média 1979/2012) de (a) ROLE sobre a América do Sul e Oceano Atlântico e (b) de precipitação – PREC sobre o nordeste do Pará durante as estações de DJF, MAM, JJA e SON. As escala de cores indicam a magnitude de ROLE em W/m^2 e de PREC em mm/dia.



Fonte: Elaborado pela autora

A fim de obter uma análise climatológica mais regional sobre a área que engloba os 30 municípios paraenses de produtividade de açaí, foi obtido a média das 5 estações meteorológicas do INMET (Porto de Moz, Breves, Cametá, Tucuruí e Soure; ver localização no mapa ao lado da Figura 16) considerando as variáveis precipitação – PREC em mm/dia, umidade relativa – UR em %, temperatura máxima – TMAX e mínima – TMIN em ° C para os trimestres de DJF, MAM, JJA e SON, conforme mostra a Figura 16.

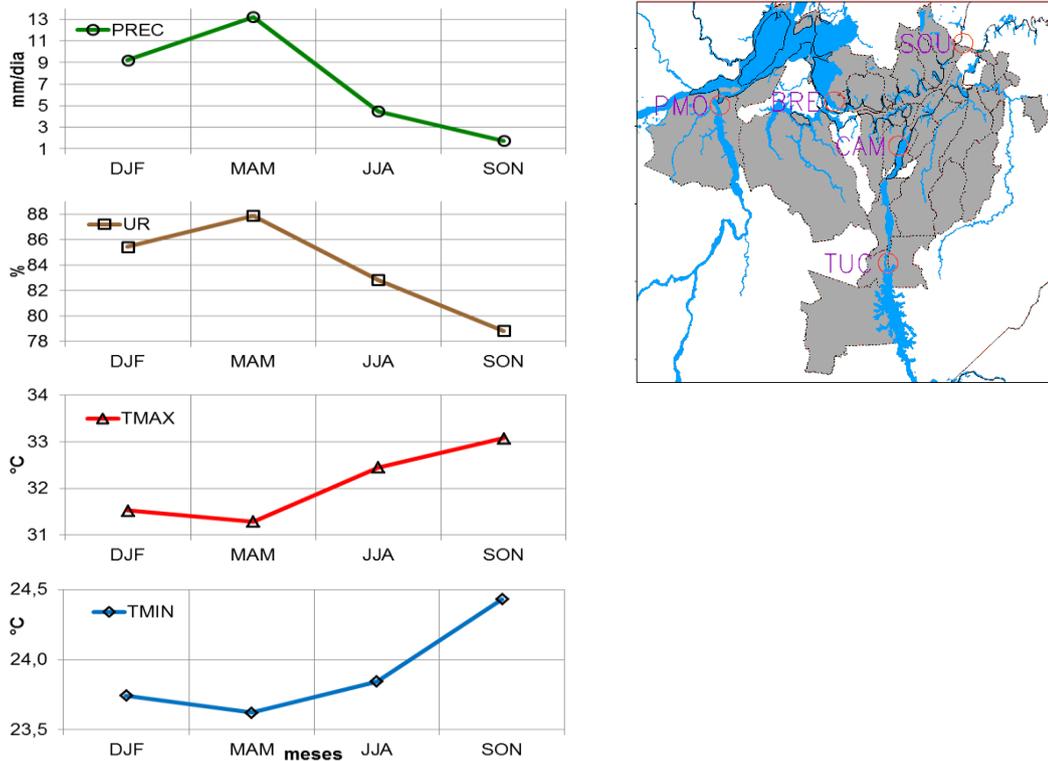
Em geral, a comparação entre os trimestres DJF/MAM e JJA/SON demonstra claramente a distinção entre os regimes chuvoso e seco da região (Figura 16). No período chuvoso, trimestres de DJF e MAM, evidenciam-se condições de alta pluviosidade (PREC entre 9,2 e 13,2 mm/dia) associadas à atmosfera bem úmida (UR em torno de 85,4 a 87,9%) e temperaturas relativamente mais baixas com máximas no período da tarde em torno de 31,5°C e mínimas do período, no início da manhã, em torno de 23,7°C, sendo que a amplitude térmica (diferença entre TMAX e TMIN) é em torno de 7,8°C. Por outro lado, durante o período seco, trimestres de JJA e SON (Figura 17), percebe-se o domínio de condições mais secas tanto de precipitação como de umidade, com valores baixos de PREC entre 4,5 e 1,7

mm/dia e UR entre 78,9 e 82,8%, que se processam numa atmosfera relativamente mais quente, com TMAX no período da tarde em torno de 33,1°C e TMIN no início da manhã próximos de 24,4°C. A amplitude térmica é bem maior em comparação com o período chuvoso, com valor de 8,6°C.

A Figura 17 destaca os períodos semestrais de dezembro a maio (DJFMAM), este caracterizado pelo regime tipicamente chuvoso (PREC de 11,2 mm) com umidade alta (86%) e temperaturas relativamente baixas (mínima de 24°C e máxima de 31,7°C), enquanto que o período de junho a novembro (JJASON) é marcado pelo regime tipicamente seco (PREC de 3 mm) com umidade mais baixa (79,7%) e temperaturas mais elevadas (mínima de 24,3°C e máxima de 33,1°C).

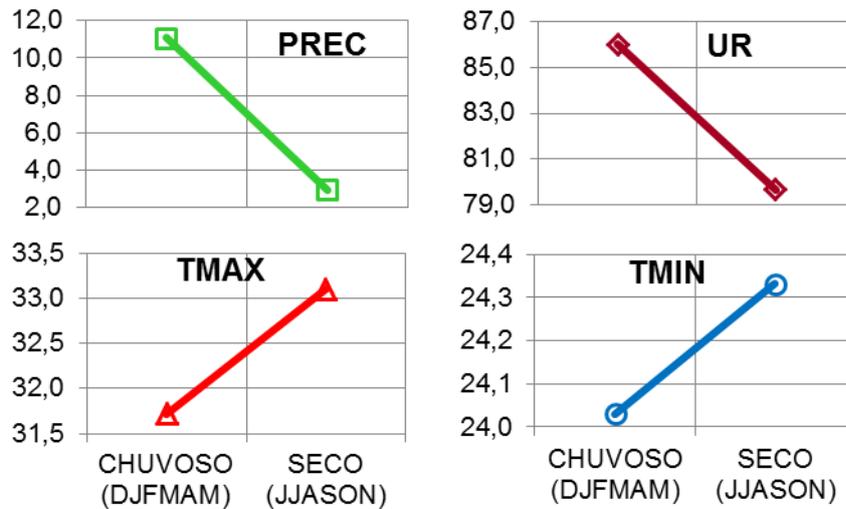
Portanto, evidencia-se sazonalidade climática pronunciada na região que engloba os municípios produtores de açaí, com regime climático tipicamente chuvoso, úmido e com temperaturas relativamente mais baixas no primeiro semestre, e, inversamente, regime climático predominantemente seco com temperaturas relativamente mais altas no segundo semestre. Assim sendo, tais padrões de sazonalidade interferem diretamente na fenologia de floração e frutificação, conforme reportado em Jardim e Anderson (1987) e (EMBRAPA, 2012).

Figura 16 – Climatologia (média 1979/2012) de PREC (mm/dia), UR (%), TMAX (°C) e TMIN (°C) representativa do nordeste paraense(média das 5estações: Porto de Moz, Breves, Tucuruí, Cametá e Soure) para os trimestres de DJF, MAM, JJA e SON. O mapa ao lado indica a localização das estações (círculos em vermelho) do INMET sobre os 30 municípios (áreas cinzas) produtores de açaí no Pará.



Fonte: Elaborado pela autora

Figura 17 – Climatologia (média 1979/2012) de PREC (mm/dia), UR (%), TMAX (°C) e TMIN (°C) representativa do nordeste paraense (média das 4 estações: Porto de Moz, Breves, Cametá e Soure) para os períodos chuvoso (DJFMAM) e seco (JJASON).



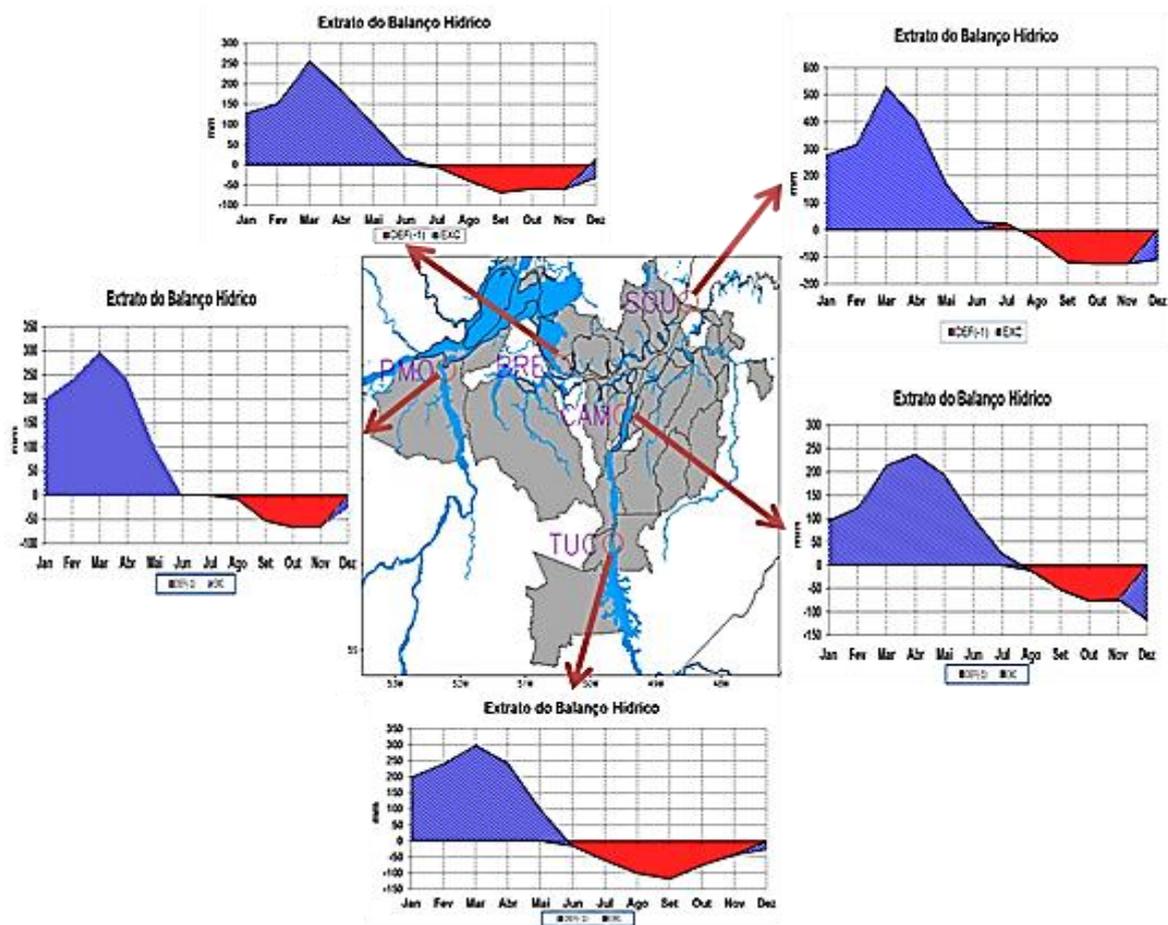
Fonte: Elaborado pela autora

4.2.1 Balanço hídrico

A Figura 18 representa o BH, segundo Thornthwaite e Mather, para os municípios em estudo, correspondentes aos mesmos períodos dos dados de produtividades utilizados na regionalização dos modelos. Observa-se, a similaridades de algumas regiões como Breves, Soure, Porto de Moz e Tucuruí, onde as precipitações pluviais são maiores no período de Janeiro a Maio, e a ocorrência de deficiência hídrica entre Junho a Novembro (acima de 10 mm). Já em Cametá as disponibilidades hídricas, tem ocorrência de excedentes entre Dezembro a Julho e deficiência entre agosto e novembro. Logo, em síntese, conclui-se que a produção do açaí encontra-se em condições de cultivos nas faixas climáticas e regular distribuição de chuvas, fazendo com que o comportamento da espécie consiga diferenciar os pontos de crescimento dos futuros dos cachos. (EMBRAPA, 2006; JARDIM; ANDERSON, 1996).

Portanto, tais condições podem ser favoráveis ao rendimento da extração de açaizais em época chuvosa e seca. A deficiência hídrica moderada é benéfica para permitir uma florada intensa e uniforme após a chuva ou irrigação. No entanto, as maiores quantidades de chuvas nas fases fenológicas seguintes atendem, satisfatoriamente, à demanda da cultura.

Figura 18 – Distribuição mensal de excedente (valores negativos) e deficiências hídricas (valores positivos), das 5 estações meteorológicas: Porto de Moz, Breves, Tucuruí, Cameté e Soure, no período de 1979 a 2012.

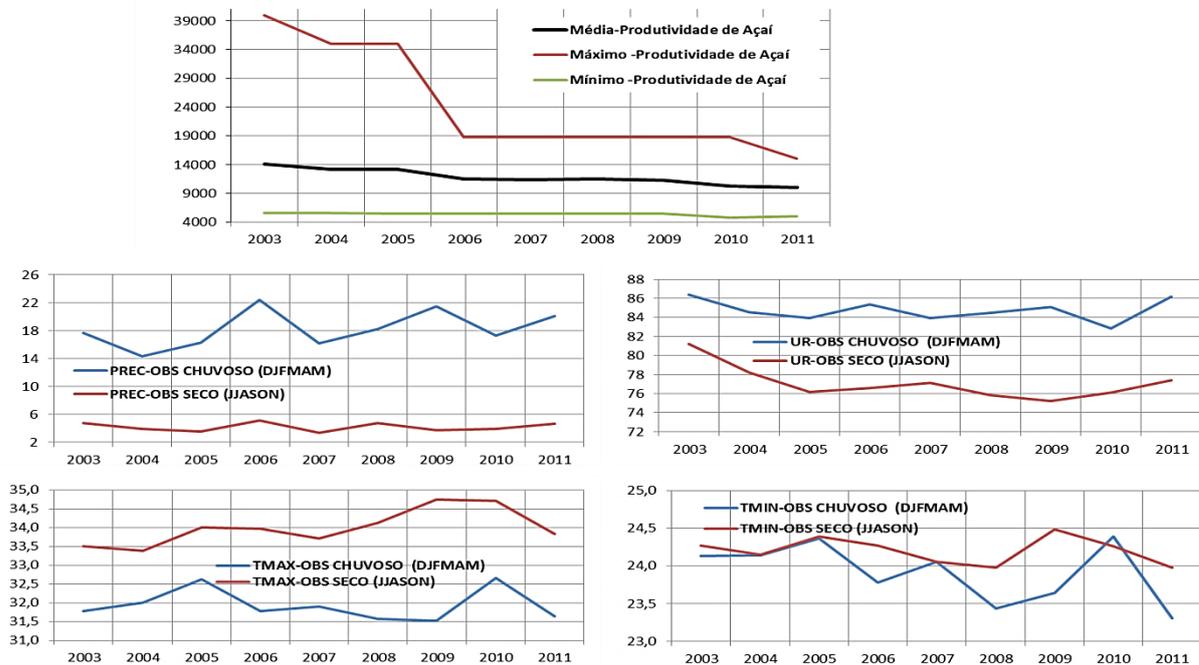


Fonte: Elaborado pela autora.

4.3 Sazonalidade climática e a produção de frutos de açaí

A sazonalidade climática regional, ou seja, as características dos regimes chuvoso e seco interferem na quantidade de frutos de açaí produzidos anualmente nos municípios do nordeste paraense? Esta questão é investigada com base no cálculo das correlações de Pearson entre a série temporal da quantidade de frutos de açaí e as séries de PREC, UR, TMAX e TMIN representativos dos períodos DJFMAM e JJASON durante os anos de 2003 a 2011. Estas séries temporais são mostradas na Figura 19, na qual se verifica que a produtividade de frutos de açaí vem apresentando um padrão de decrescimento vertiginoso nos últimos 9 anos. Nota-se também que a variabilidade de ano para ano do clima regional (PREC, UR, TMAX e TMIN) é relativamente alta tanto para o regime chuvoso como para o regime seco no NE paraense durante os anos analisados.

Figura 19 – Séries temporais da quantidade produzida (em kg/ha) de frutos de açaí representativa do Estado do Pará (média, máximo e mínimo dos 30 municípios) e também da PREC (mm/dia), UR (%), TMAX (°C) e TMIN (°C), da área A2 (média das estações meteorológicas de PMOZ-CAM) correspondentes ao período chuvoso (DJFMAM) e seco (JJASON) durante os anos de 2003 a 2011.



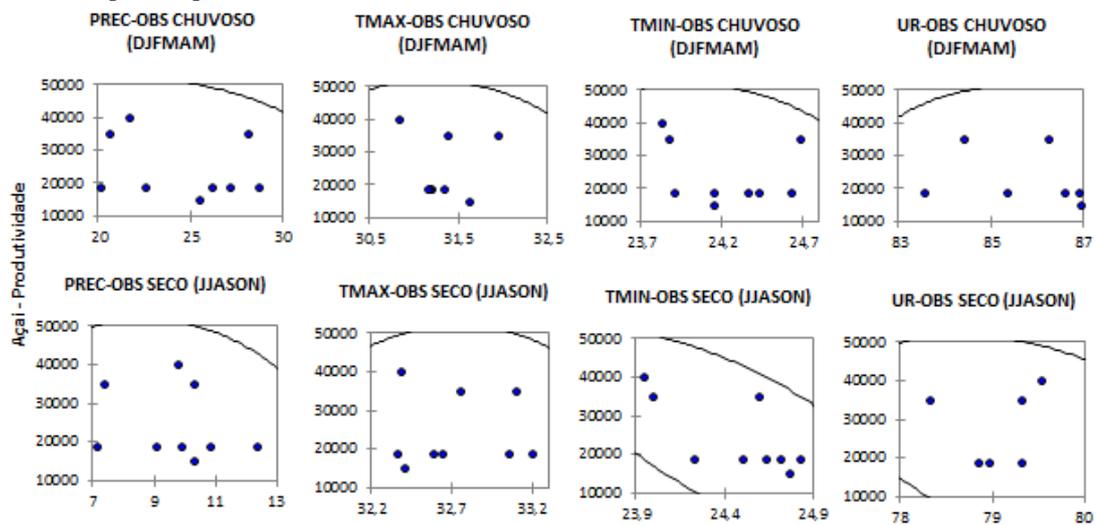
Fonte: Elaborado pela autora.

A Tabela 3 mostra os valores das correlações calculadas entre as séries temporais (2003 a 2011) da produtividade de frutos de açaí (da área A1/máximo) e cada série temporal de PREC, UR, TMAX e TMIN, essas médias são representativas das mesorregiões do Marajó (regionalizados de SOU-BRE), para os períodos chuvoso (DJFMAM) e seco (JJASON), com o respectivo valor-p e o coeficiente de determinação (R²). Os valores encontrados para o período chuvoso foram de correlações negativas em torno de 26% para PREC, um valor muito baixo para TMAX com 20%, um pouco maior para TMIN (25%) e UR (4%), sendo que tais resultados não possuem significância estatística, conforme indicam o valor-p e R². Por outro lado, os resultados para o período seco evidenciaram correlações negativas estatisticamente significantes ao nível de 90%, onde o valor da TMIN foi de 56%, a UR com 40%, e correlação positiva, não significativa, para TMAX com valor de 2%. Contudo, a correlação para a PREC é -21%. A Figura 20 mostra os gráficos de dispersão que complementam visualmente as análises de correlações da Tabela 3.

Tabela 3 - Correlações entre as séries temporais (2003 a 2011) da produtividade máxima de açai na área A1 e PREC, UR, TMAX e TMIN para os períodos chuvoso (DJFMAM) e seco (JJASON), com o respectivo valor-p e coeficientes de determinação (R²). Valores em negrito indicam valores significantes ao nível de 90%.

| | Correlação: | Valor-p: | R ² : |
|---------------------------|---------------|--------------|------------------|
| PREC-OBS CHUVOSO (DJFMAM) | -0,269 | 0,483 | 0,073 |
| TMAX-OBS CHUVOSO(DJFMAM) | -0,202 | 0,602 | 0,041 |
| TMIN-OBS CHUVOSO(DJFMAM) | -0,256 | 0,506 | 0,066 |
| UR-OBS CHUVOSO(DJFMAM) | -0,041 | 0,916 | 0,002 |
| PREC-OBS SECO (JJASON) | -0,219 | 0,571 | 0,048 |
| TMAX-OBS SECO (JJASON) | 0,025 | 0,948 | 0,001 |
| TMIN-OBS SECO (JJASON) | -0,710 | 0,032 | 0,505 |
| UR-OBS SECO (JJASON) | -0,406 | 0,279 | 0,165 |

Figura 20- Dispersão entre as séries temporais (2003 a 2011) da quantidade dos frutos de açai e PREC, UR, TMAX e TMIN para os períodos chuvoso (DJFMAM) e seco (JJASON).



Fonte: Elaborado pela autora.

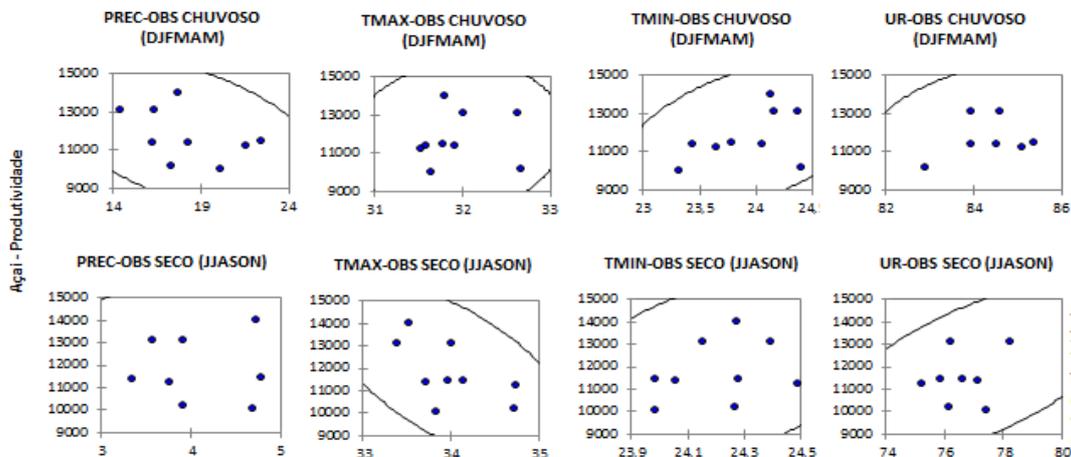
A Tabela 4 mostra os valores das correlações calculadas entre as séries temporais (2003 a 2011) da produtividade de açai (A2-média) e cada série temporal de PREC, UR, TMAX e TMIN, sendo médias representativas do nordeste paraense (regionalizado de CAM-TUC), para os períodos chuvoso (DJFMAM) e seco (JJASON), com o respectivo valor-p e coeficiente de determinação (R²). Baseado nos que possuem significância estatística ao nível de 90%, percebe-se correlação negativa, para TMAX do período seco com 59%, e correlação positiva para UR com 62%, valor não significativo para TMIN (29%) e para PREC (-5%). Por outro lado, os resultados para o período chuvoso evidenciaram correlações negativas, não estatisticamente significantes para PREC, que apresentou valor de -45% e para TMAX com

9%. Contudo, a correlação para a TMIN é 46% e para UR é 23%. A Figura 21 mostra os gráficos de dispersão que complementam visualmente as análises de correlações da Tabela 4.

Tabela 4 - Correlações entre as séries temporais (2003 a 2011) da produtividade média de açaí, representante da A2 e PREC, UR, TMAX e TMIN para os períodos chuvoso (DJFMAM) e seco (JJASON), com o respectivo valor-p e coeficiente de determinação (R^2). Valores em negrito indicam valores significantes ao nível de 90%

| | Correlação: | Valor-p: | R^2 : |
|---------------------------|---------------|--------------|---------|
| PREC-OBS CHUVOSO (DJFMAM) | -0,454 | 0,220 | 0,206 |
| TMAX-OBS CHUVOSO(DJFMAM) | 0,091 | 0,816 | 0,008 |
| TMIN-OBS CHUVOSO(DJFMAM) | 0,462 | 0,211 | 0,213 |
| UR-OBS CHUVOSO(DJFMAM) | 0,235 | 0,543 | 0,055 |
| PREC-OBS SECO (JJASON) | -0,051 | 0,897 | 0,003 |
| TMAX-OBS SECO (JJASON) | -0,599 | 0,088 | 0,359 |
| TMIN-OBS SECO (JJASON) | 0,298 | 0,436 | 0,089 |
| UR-OBS SECO (JJASON) | 0,625 | 0,072 | 0,390 |

Figura 21–Dispersão entre as séries temporais (2003 a 2011) da quantidade frutos de açaí e PREC, UR, TMAX e TMIN para os períodos chuvoso (DJFMAM) e seco (JJASON).



Fonte: Elaborado pela autora.

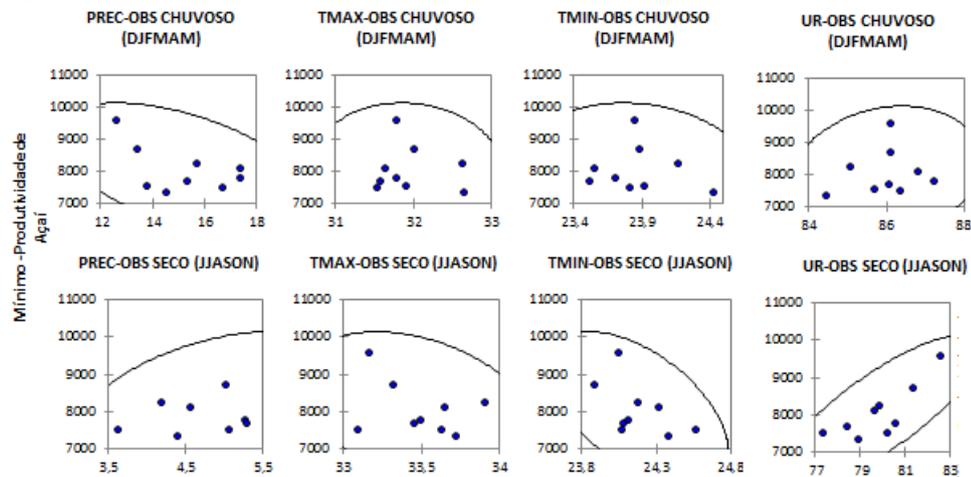
Os valores das correlações calculadas entre as séries temporais (2003 a 2011) da produtividade do fruto de açaí na área A3 (valores mínimos) e cada série temporal de PREC, UR, TMAX e TMIN, com médias representativas da mesorregião do Baixo Amazonas, para os períodos chuvoso (DJFMAM) e seco (JJASON), com o respectivo valor-p e coeficiente de determinação (R^2) estão na Tabela 5. Os valores encontrados para o período chuvoso foram de correlações negativas em torno de 51% para PREC, para TMAX apresentou um valor muito baixo (7%), para TMIN um pouco maior (-12%) e para UR (17%), sendo que tais resultados não possuem significância estatística, conforme indicam o valor-p e R^2 . Por outro lado, os

resultados para o período seco evidenciaram correlações negativas estatisticamente significantes ao nível de 90% para a TMIN que apresentou valor de -53% e a UR (81%) e correlação positiva, não significativa, para PREC com valor de 45%. Contudo, a correlação para a TMAX foi -35%. A Figura 22 mostra os gráficos de dispersão que complementam visualmente as análises de correlações da Tabela 5.

Tabela 5 - Correlações entre as séries temporais (2003 a 2011) da produtividade mínima da A3 e PREC, UR, TMAX e TMIN para os períodos chuvoso (DJFMAM) e seco (JJASON), com o respectivo valor-p e coeficiente de determinação (R²). Valores em negrito indicam valores significantes ao nível de 90%.

| | Correlação: | Valor-p: | R ² : |
|---------------------------|---------------|--------------|------------------|
| PREC-OBS CHUVOSO (DJFMAM) | -0,514 | 0,157 | 0,264 |
| TMAX-OBS CHUVOSO(DJFMAM) | -0,074 | 0,849 | 0,006 |
| TMIN-OBS CHUVOSO(DJFMAM) | -0,126 | 0,746 | 0,016 |
| UR-OBS CHUVOSO(DJFMAM) | 0,174 | 0,654 | 0,030 |
| PREC-OBS SECO (JJASON) | 0,451 | 0,223 | 0,203 |
| TMAX-OBS SECO (JJASON) | -0,356 | 0,347 | 0,127 |
| TMIN-OBS SECO (JJASON) | -0,539 | 0,135 | 0,290 |
| UR-OBS SECO (JJASON) | 0,810 | 0,008 | 0,656 |

Figura 22–Dispersão entre as séries temporais (2003 a 2011) da quantidade frutos de açaí e PREC, UR, TMAX e TMIN para os períodos chuvoso (DJFMAM) e seco (JJASON).



Fonte: Elaborado pela autora.

A interpretação física das correlações significantes indica que a diminuição/aumento na produtividade de açaí associa-se linearmente com condições de temperaturas relativamente mais alta/baixa (tanto para TMAX como para TMIN) e umidade atmosférica relativamente mais baixa/alta (clima seco/úmido), conforme ilustra os gráficos de dispersão, cujas características são típicas do regime seco durante o segundo semestre de cada ano. Portanto,

comparando os resultados para ambos os regimes sazonais ao longo do ano, verifica-se que a produtividade de açaí no NE paraense sofre influências primordialmente das condições do clima regional do período seco. Tais evidências são consistentes com estudos anteriores que reportaram “safra de verão” com produção mais intensa e de melhor qualidade nos meses de outubro a novembro (EMBRAPA, 2012).

4.4 Clima futuro e projeções de produção de frutos de açaí

Uma vez que foi evidenciado que a sazonalidade climática regional interfere nos valores de produção de frutos de açaí no Estado do Pará, e dispondo-se dos resultados de simulações de clima futuro, fez-se o exercício de analisar os impactos das mudanças climáticas sobre a produtividade de frutos de açaí para os próximos 20 anos.

Antes, porém, mostram-se os resultados gerados pelo modelo HADGEM2 para o NE paraense (região A2). Este modelo representa o estado-da-arte em simulação do sistema climático global usado no IPCC AR5. A Tabela 6 mostra os valores observados e simulados pelo modelo HADGEM2 para PREC, UR, TMAX e TMIN no regime chuvoso e seco considerando a média do período de 1979 a 2012.

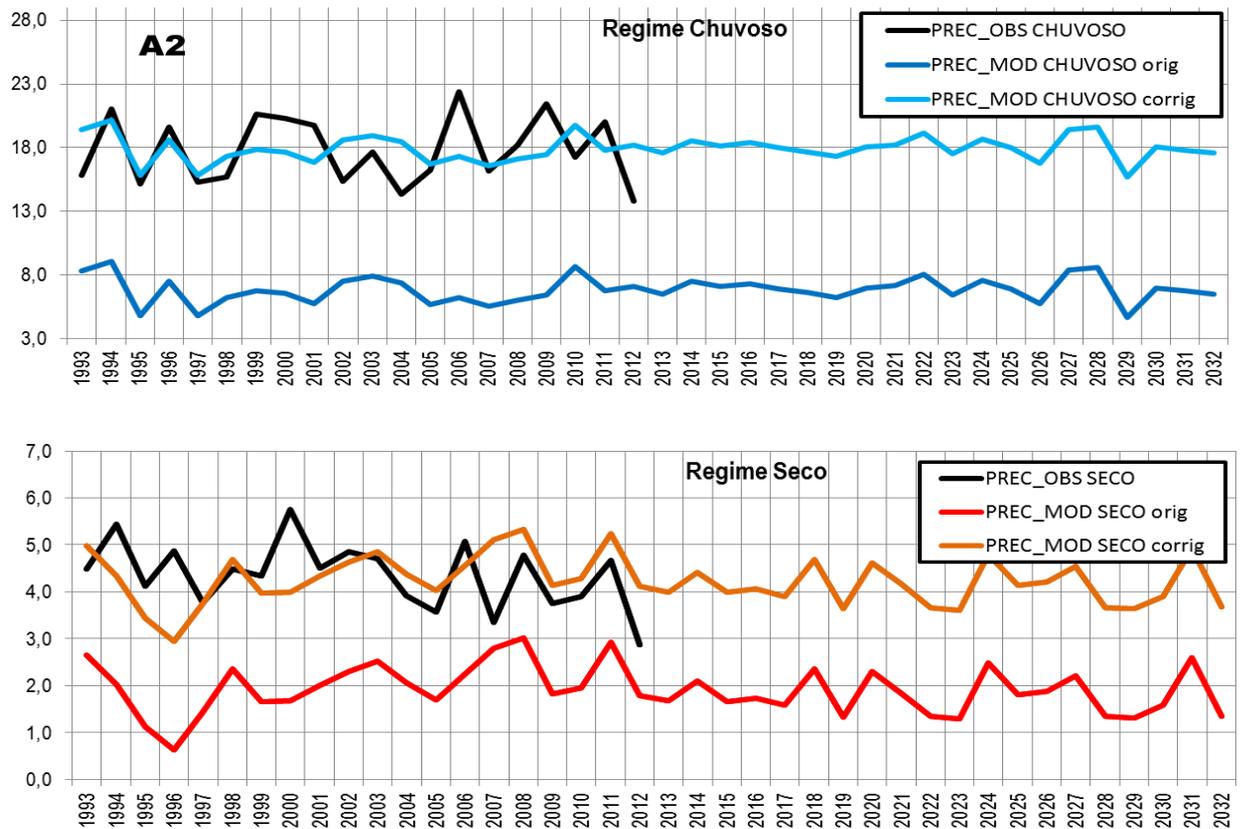
Considerando o regime chuvoso, a média de PREC observada é de 17,8 mm e o modelo indica 6,7 mm, com viés negativo de -11,1 mm indicando uma subestimativa muito forte em torno de 61,5%. A TMAX com média observada de 31,8°C e simulada de 31,6°C apresenta viés negativo de 0,2°C que representa superestimativa do modelo em -0,5%. O modelo simula a TMIN em um viés de 0,3 °C, superestimando em 1,2%. A UR observada é de 86% e simulada de 71,3 com viés negativo de -17,6% o que indica uma subestimativa em torno de -19,9%. Os resultados para o regime seco mostram PREC observada de 4,4 mm e simulada de 2 mm com viés negativo de -2,3 mm e subestimativa de -52,2%. A TMAX observada foi de 33,7°C e simulada de 30,9°C indicando um viés negativo de -2,9°C e subestimativa de -8,5%. A TMIN observada foi de 24°C e a simulada de 23°C, com viés negativo de -1°C e subestimativa de -4%. A UR observada foi 79,9% e a simulada 73,5% o que indica um viés negativo de 6,4%, com subestimativa de -8,1%.

Tabela 6 - Valores observados e simulados pelo HADGEM2 de PREC (mm/dia), UR (%), TMAX (°C) e TMIN (°C) na região da A2 para o regime chuvoso e seco considerando o o clima atual (1979/2012) incluindo o viés do modelo em mm e em %

| | OBSERVADO 1979/2012 | HADGEM2 1979/2012 | v mm | v % |
|--------------|------------------------|----------------------|-------|-------|
| PREC CHUVOSO | 17,8 | 6,7 | -11,1 | -61,5 |
| TMAX CHUVOSO | 31,8 | 31,6 | -0,2 | -0,5 |
| TMIN CHUVOSO | 23,6 | 23,9 | 0,3 | 1,2 |
| UR CHUVOSO | 86,0 | 71,3 | -17,6 | -19,9 |
| PREC SECO | 4,4 | 2,0 | -2,3 | -52,2 |
| TMAX SECO | 33,7 | 30,9 | -2,9 | -8,5 |
| TMIN SECO | 24,0 | 23,0 | -1,0 | -4,0 |
| UR SECO | 79,3 | 73,5 | -6,4 | -8,1 |

Em seguida procedeu-se a correção das séries de PREC, UR, TMAX e TMIN simuladas pelo HADGEM2 considerando os valores do viés mostrados na Tabela 6. Esse procedimento é ilustrado na Figura 23 que mostra os dados de PREC observados nos regimes chuvoso e seco e os valores simulados pelo modelo HADGEM2, incluindo o resultado original (valor bruto) do modelo e a correção feita pelo respectivo viés em mm para cada série. Tal procedimento também foi empregado para as outras variáveis de clima regional das mesorregiões A1 e A3, UR, TMAX e TMIN.

Figura 23 – Séries temporais da PREC (mm/dia) observada nos regimes chuvoso e seco e os valores simulados pelo modelo HADGEM2 incluindo o resultado original (valor bruto) do modelo e a correção feita pelo respectivo valor de intensidade e sinal do viés em mm



Fonte: Elaborado pela autora.

Após a aplicação do procedimento de correção dos valores simulados pelo modelo HADGEM2, foram, novamente, calculadas as médias do período 1979 a 2012 e, como esperado, os resultados da Tabela 7 mostram consistência com as médias reportadas na Tabela 6 para os dados observacionais. Também foram calculadas as médias de clima futuro do período de 2013 a 2032 (próximos 20 anos), bem como foi feita a análise de mudança percentual do clima futuro em relação ao clima atual. Os resultados na Tabela 7 indicam que para o regime chuvoso, esperam-se aumento da PREC em torno de +1,1%, diminuição de TMAX em torno de 5,6% e na UR de 14,1% e uma diminuição fraca de TMIN de 0,9%. Por outro lado, para o regime seco, o modelo indica diminuição de PREC, em torno de 5,7%, aumento de TMAX (+7,7%) e TMIN (+5,1%) e diminuição de UR em torno de -10,3%. Portanto, para os meses do período chuvoso (DJFMAM) as projeções mostram um regime relativamente mais chuvoso e menos quente (TMAX), enquanto que para os meses do período seco (JJASON), as projeções são de regime mais seco e mais quente.

Tabela 7 - Valores corrigidos do HADGEM2 de PREC (mm/dia), UR (%), TMAX (°C) e TMIN (°C) no nordeste paraense para o regime chuvoso e seco, considerando o clima atual (1979/2012) e clima futuro (2013/2032) o sinal de mudança em %, no futuro relativo ao atual.

| | HADGEM2 Corr 1979/2012 | HADGEM2 Corr 2013/2032 | Mudança % (2013/2032 - 1979/2012) |
|--------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------------------|
| PREC CHUVOSO | 17,8 | 18,0 | 1,1 |
| TMAX CHUVOSO | 31,8 | 30,0 | -5,6 |
| TMIN CHUVOSO | 23,6 | 23,4 | -0,9 |
| UR CHUVOSO | 86,6 | 98,9 | 14,1 |
| PREC SECO | 4,4 | 4,1 | -5,7 |
| TMAX SECO | 33,7 | 36,3 | 7,7 |
| TMIN SECO | 24,0 | 25,2 | 5,1 |
| UR SECO | 80,1 | 71,8 | -10,3 |

Uma vez conhecendo os erros e aplicados os procedimentos de correção das simulações, considerando os dados observacionais, é possível agora montar um modelo de regressão múltipla para gerar projeções da produtividade de frutos de açaí nos próximos 20 anos (2013-2032) usando como variáveis predictoras a PREC, UR, TMIN e TMAX do regime chuvoso e seco para os três níveis de produção (A1, A2 e A3). Assim sendo, a montagem do modelo obedeceu aos seguintes passos:

- Foi construída a equação do modelo de regressão múltipla usando os dados observados de PREC e TMAX do período chuvoso, as quais apresentaram correlações não significativas, sendo maior que 30%, na qual foi utilizada para o modelo do regime chuvoso;
- Similarmente, foi construída a equação, do modelo do regime seco, de regressão múltipla usando os dados observados de UR, TMAX e TMIN do período seco, nos quais se evidenciaram correlações estatisticamente significantes em torno de 60%;
- Finalmente, foi montada a equação de regressão levando-se em conta as variáveis mencionadas acima para ambos os períodos chuvoso e seco, sendo esta (a equação) para o modelo do regime chuvoso-seco.
- Ressalta-se que os três modelos acima foram construídos considerando os dados observados de 2003 a 2011 (9 anos) quando dispõe-se dos dados de produtividade de açaí(kg/ha) nas regiões do Estado do Pará.
- As equações dos modelos são aplicadas usando os resultados corrigidos do modelo HADGEM2 para a geração de projeções de produção de açaí para os próximos 20 anos (2013 a 2032). A justificativa de poder usar as equações montadas com dados

observacionais é que as simulações foram calibradas (corrigidas) levando-se em conta justamente o sinal do viés relativo aos dados observacionais.

As equações dos modelos do regime chuvoso, regime seco e regime chuvoso-seco são apresentadas respectivamente abaixo:

Representativos do nível máximo de produtividade da região A1

$$\text{Produtividade} = 278802,240899507 - 1323,38222973885 * \text{PREC_OBS} \quad \text{CHUVOSO-7049,96771006036} * \text{TMAX_OBS} \quad \text{CHUVOSO} \quad (11)$$

$$\text{Produtividade} = 1130928,76618832 - 22412,426629507 * \text{TMIN_OBS} \quad \text{SECO-7024,69983567506} * \text{UR_OBS} \quad \text{SECO} \quad (12)$$

$$\text{Produtividade} = 1524591,38833925 - 923,023157096438 * \text{PREC_OBS} \quad \text{CHUVOSO-1469,42676053071} * \text{TMAX_OBS} \quad \text{CHUVOSO-6389,46968516111} * \text{TMAX_OBS} \quad \text{SECO-20297,6668740585} * \text{TMIN_OBS} \quad \text{SECO-9131,38189901024} * \text{UR_OBS} \quad \text{SECO} \quad (13)$$

Representativos do nível médio de produtividade da região A2

$$\text{Produtividade} = 37937,9532007587 - 288,302881606146 * \text{PREC_OBS} \quad \text{CHUVOSO-653,581360851213} * \text{TMAX_OBS} \quad \text{CHUVOSO} \quad (14)$$

$$\text{Produtividade} = -43785,7718316873 - 2312,7025625752 * \text{TMAX_OBS} \quad \text{ECO+5231,64934195622} * \text{TMIN_OBS} \quad \text{SECO+98,4058812575362} * \text{UR_OBS} \quad \text{SECO} \quad (15)$$

$$\text{Produtividade} = -48540,33312817 - 240,488185650716 * \text{PREC_OBS} \quad \text{CHUVOSO-880,724745154256} * \text{TMAX_OBS} \quad \text{CHUVOSO-1724,66836001897} * \text{TMAX_OBS} \quad \text{SECO+5968,19260226937} * \text{TMIN_OBS} \quad \text{SECO+91,2100609627931} * \text{UR_OBS} \quad \text{SECO} \quad (16)$$

Representativos do nível mínimo de produtividade da região A3

$$\text{Produtividade} = 11261,2372824464 - 209,791160530385 * \text{PREC_OBS CHUVOSO} \quad (17)$$

$$\begin{aligned} \text{Produtividade} = & -45356,9671377845 + 226,471094995819 * \text{TMAX_OBS} \\ & \text{SECO} + 455,281028870969 * \text{TMIN_OBS SECO} + 436,206765150663 * \text{UR_OBS SECO} \end{aligned} \quad (18)$$

$$\begin{aligned} \text{Produtividade} = & -94902,8351236904 - 420,826239950275 * \text{PREC_OBS CHUVOSO} - \\ & 1768,9940235015 * \text{TMAX_OBS CHUVOSO} + 3556,24872208821 * \text{TMAX_OBS} \\ & \text{SECO} + 263,690681044765 * \text{TMIN_OBS SECO} + 505,907880816298 * \text{UR_OBS SECO} \end{aligned} \quad (19)$$

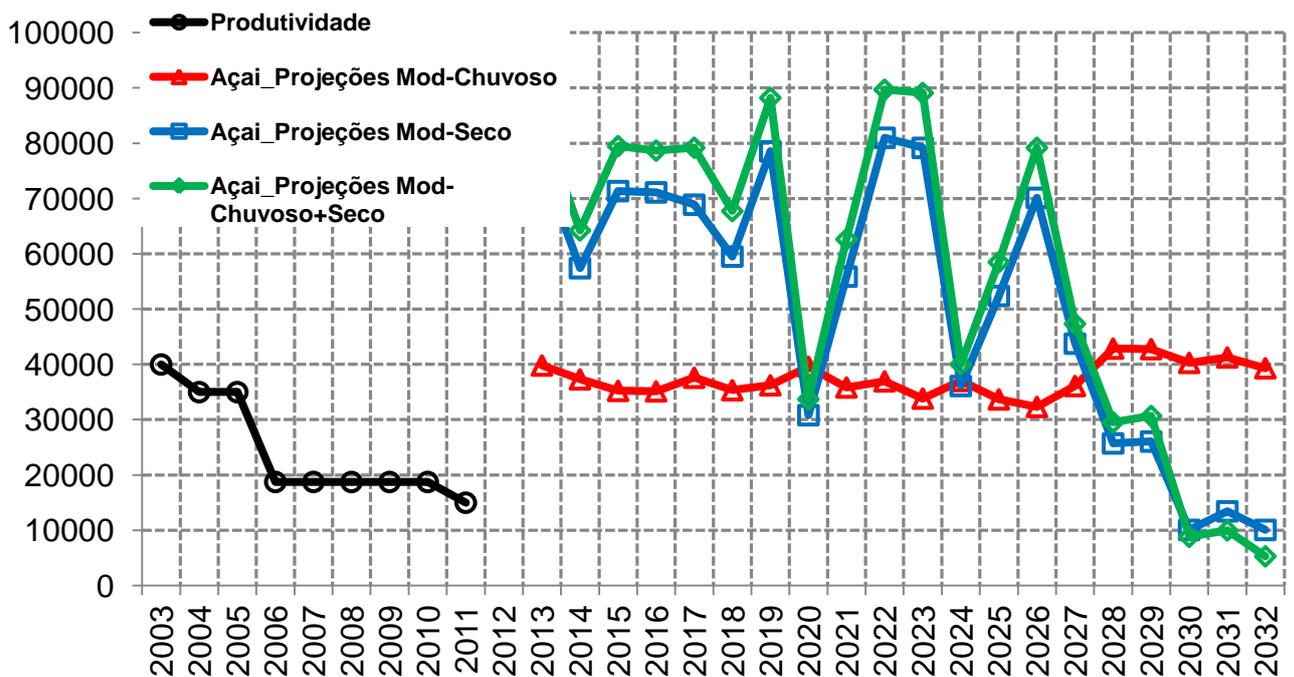
A Tabelas 8 mostra os parâmetros estatísticos correspondentes a montagem dos 3 modelos, cujos resultados mostram que o modelo considerando o período chuvoso apresenta os valores menores de R^2 e MAPE, e valores maiores dos erros RMSE. Para os modelos considerando o período seco e chuvoso-seco os índices indicam melhores resultados.

A Figura 24 mostra os resultados da aplicação dos modelos de regressão múltipla considerando as variáveis preditoras dos períodos chuvoso, seco e chuvoso-seco. Em virtude das baixas correlações entre as condições de clima regional do período chuvoso, considerando média máxima de produtividade de frutos de açaí, nas mesorregiões do Marajó (representativos da área A1), verifica-se que os valores das projeções são totalmente consistente com o observado. Por outro lado, os resultados obtidos com os modelos considerando as variáveis do período seco e também do modelo considerando as variáveis do período chuvoso + seco, observam-se valores elevados de variabilidades de produção de frutos de açaí com os dados registrados no período de 2003 a 2011. Os valores previstos apontam para um aumento da produção de frutos com oscilações em torno de 90.000 a 10.000 kg/ha, ou seja, as projeções são animadoras em termos de produtividades, pois estas podem atingir máximos níveis de produção nas regiões do A1 nos próximos 20 anos.

Tabela 8 - Parâmetros estatísticos correspondentes a montagem dos 3 modelos.

| | | Modelo chuvoso | Modelo seco | Modelo chuvoso-seco |
|----|-----------------------|----------------|--------------|---------------------|
| A1 | R ² | 0,210 | 0,774 | 0,884 |
| | Ajuste R ² | -0,053 | 0,698 | 0,691 |
| | MSE | 94244264,669 | 26996823,665 | 27630227,922 |
| | RMSE | 9707,949 | 5195,847 | 5256,446 |
| | MAPE | 28,861 | 17,819 | 13,041 |
| A2 | R ² | 0,236 | 0,769 | 0,855 |
| | Ajuste R ² | -0,019 | 0,630 | 0,614 |
| | MSE | 1888183,968 | 685551,357 | 715879,636 |
| | RMSE | 1374,112 | 827,980 | 846,097 |
| | MAPE | 8,327 | 4,242 | 3,692 |
| A3 | R ² | 0,277 | 0,354 | 0,452 |
| | Ajuste R ² | 0,036 | -0,033 | -0,461 |
| | MSE | 70735,089 | 75838,869 | 107207,429 |
| | RMSE | 265,961 | 275,389 | 327,425 |
| | MAPE | 3,103 | 3,142 | 3,007 |

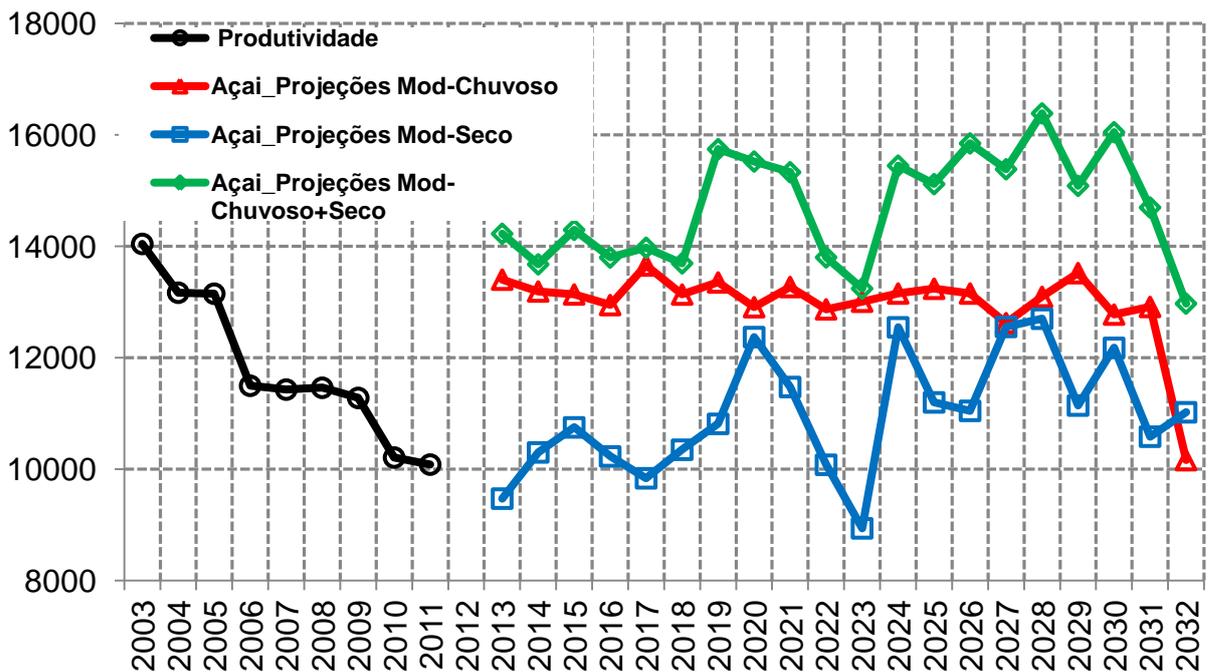
Figura 24 - Produtividade (em kg/ha) de frutos de açaí, representativos de áreas de maior produção (A1), considerando os dados observados (linha preta) e projeções para os próximos 20 anos (2013 a 2032) via regressão linear múltipla, usando PREC, UR, TMAX e TMIN simuladas pelo modelo HADGEM2 para o regime chuvoso (linha vermelha), regime seco (linha azul) e regimes chuvoso-seco (linha verde).



Fonte: Elaborado pela autora.

Os resultados com as séries históricas no nível médio produzido de açaí na região A2, conforme a Figura 25, considerando as variáveis predictoras do período chuvoso, do período seco e do período chuvoso-seco, nota-se que em condições de clima regional do período chuvoso, verificam-se valores de projeção de maiores produtividades, cujas correlações são maiores a 45% em relação ao observado. Por outro lado, os resultados obtidos com os modelos considerando as variáveis do período seco e do período chuvoso + seco, observaram-se valores das projeções de produtividade apresentando concordância com os dados registrados no período de 2003 a 2011, através da análise do coeficiente de determinação ($R^2=0,76$ e $0,85$ respectivamente). Os valores previstos apontam para uma média de produtividade de frutos em torno de 16.000 a 8.000 (kg/ha).

Figura 25 – Produtividade (em kg/ha) de frutos de açaí, representativos de áreas de produção média (A2), considerando os dados observados (linha preta) e projeções para os próximos 20 anos (2013 a 2032) via regressão linear múltipla usando PREC, UR, TMAX e TMIN simuladas pelo modelo HADGEM2 para o regime chuvoso (linha vermelha), regime seco (linha azul) e ambos regimes chuvoso-seco (linha verde)

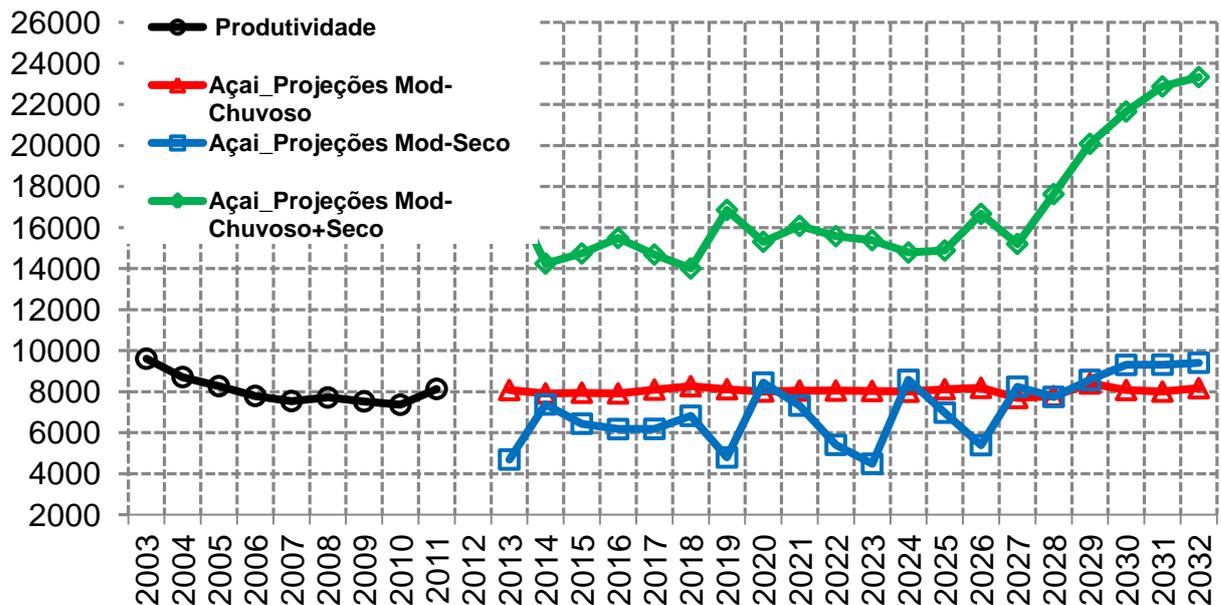


Fonte: Elaborado pela autora.

A Figura 26 mostra os resultados da aplicação dos modelos de regressão múltipla considerando as variáveis predictoras dos períodos chuvoso, seco e chuvoso-seco. Em virtude das correlações serem maiores entre as condições de clima regional do período chuvoso, considerando os níveis de produtividade mínima, extrativo de frutos de açaí, nas mesorregiões do Baixo Amazônia e parte do Nordeste, verifica-se similaridades dos valores das projeções com o observado. Por outro lado, os resultados obtidos com os modelos considerando as

variáveis do período seco, não apresentaram concordância com o comportamento simulado, já que superestimou as produtividades nos próximos 20 anos. No modelo que considera as variáveis do período chuvoso + seco, observou-se que os valores das projeções de produtividade de açaí apresentam moderadas variabilidades com os dados registrados no período de 2003 a 2011, no entanto, acompanha o comportamento menor de produtividades nesta região de estudo. Os valores previstos apontam para um aumento da produção de frutos com oscilações máximas em torno de 20.000 (kg/ha) e mínima de 5.000 kg/ha, ou seja, as projeções são animadoras das produtividades atingirem níveis de produção nestas regiões da área A3 nos próximos 20 anos.

Figura 26 – Produtividade (em kg/ha) de frutos de açaí, representativos de áreas de menor produção (A3), considerando os dados observados (linha preta) e projeções para os próximos 20 anos (2013 a 2032) via regressão linear múltipla usando PREC, UR, TMAX e TMIN simuladas pelo modelo HADGEM2 para o regime chuvoso (linha vermelha), regime seco (linha azul) e ambos regimes chuvoso-seco (linha verde).



Fonte: Elaborado pela autora.

Portanto, diante dos cenários de clima futuro (2013/2032) que apontam para um regime mais seco e mais quente do que as condições atuais (1979/2012), não há indicações de impactos negativos na produtividade de frutos de açaí produzidos nas regiões do nordeste do Pará e do Baixo Amazonas nos próximos 20 anos. Porém, na ilha do Marajó as previsibilidades apontam que as produtividades podem ter quedas nos período de 2027-2032.

5 DISCUSSÃO

Os resultados confirmaram que os principais municípios produtores de frutos de açaí localizam-se na região de estuário dos rios Amazonas e Tocantins no NE do Pará. Dentre os 30 municípios principais, destacam-se Igarapé Miri e Abaetetuba, onde se observa aumento progressivo nas quantidades da produção, alcançando mais de 141 e 87 mil (tonelada/ano) respectivamente, cujos valores correspondem aos mesmos observados por Dias (2012) e Oliveira (2010), cuja evolução da produção é devido à demanda crescente no mercado nacional e internacional (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2012).

A hipótese de que a oferta de açaí apresenta sazonalidade climática, foi confirmada neste estudo, pois se identificou nos 30 municípios produtores de açaí condições de regime climático tipicamente chuvoso (PREC entre 9 e 13 mm/dia), úmido (UR em torno de 85% a 88%) e encontrou-se temperaturas relativamente mais baixas (Temperatura do ar entre 31° e 23°C) no primeiro semestre, e, inversamente, no regime climático seco com temperaturas relativamente mais altas no segundo semestre (em torno de 33° e 24°C), cujos resultados são consistentes com Bastos et al. (2006) e Oliveira et al. (2010).

Do exposto, tais padrões de sazonalidade interferem diretamente na produção dos frutos de açaí, conforme reportado pela (EMBRAPA, 2012), esta aponta para o acontecimento de duas safras distintas ao longo do ano: a safra de “inverno”, onde na maioria ocorre desabastecimento nos portos e feiras (alto preço ao consumidor) e a safra de “verão”, onde acontecem maiores lucratividade devido altos abastecimentos nos portos e feiras de Belém (NOGUEIRA; SANTANA, 2009).

Por outro lado, o regime de chuvas favorece a cultura do açaí e esta exige alta umidade no solo e principalmente de fatores de radiação solar. Gama et al. (2003) e Freire et al. (2013) constataram que as maiores incidências de luz nas plantas jovens pode levar a mortalidade (que ocorre em JJA), no entanto, o bom desenvolvimento fisiológicos e morfológicos das mudas de açaí dependerá da baixa luminosidade. Na presente pesquisa, o campo de ROLE demonstrou que a convecção (nebulosidade associada a valores de ROLE abaixo de 240 W/m²) tropical encontra-se em latitudes ao norte da América do Sul e Atlântico norte, favorecendo desta forma a inibição de atividade convectivas na região centro-sul da Amazônia. Por conseguinte, o aumento excessivo da radiação solar interferirá no aumento da temperatura do ar, podendo ser um fator prejudicial à produção do açaí.

Outro fator é a capacidade de umidade no solo, quando se analisou o comportamento do BH climático de 5 municípios, constatou-se que a deficiência hídrica coincide com a fisiologia e a colheita do açaí, conforme citou Vicente (2012) e Bastos et al. (2006), sendo que nessa fase a deficiência hídrica moderada é benéfica, pois permite uma florada intensa e uniforme após a chuva ou irrigação. No entanto, as maiores quantidades de chuvas nas fases fenológicas seguintes atendem, satisfatoriamente, à demanda.

Por outro lado, devido os pulsos de inundações algumas zonas de produção de açaí na época de entressafas no Pará, podem apresentar alterações no comportamento hidrográfico de acordo Filizola et al.(2006), determinando temporariamente a diferenciação meristemática, e assim, podem afetar os pontos de crescimento que originarão novos cachos. Com isso, em algumas áreas da ilha do Marajó, é provável que estas diferenças de produção possam ocorrer.

Quanto à análise das relações entre a produtividade de frutos de açaí e as variáveis que caracterizam a sazonalidade climática regional, verificaram-se correlações negativas para o período seco estatisticamente significativa ao nível de 90% para a TMAX com 59 % na região A2, para TMIN com 71% na região A1, e correlação positiva significativa para UR com 81% na região A3.

Sousa e Jardim (2007) e Freire et al.(2013) verificaram correlação positiva significativa quando se trata de sobrevivências das plântulas, sendo que os autores notaram que a taxa de sobrevivência é maior no período de maior precipitação (janeiro a julho) em menor temperatura média do ar (março-julho) e perceberam a diminuição da sobrevivência a partir de setembro. Logo, eles afirmam que a mortalidade é fruto das altas temperaturas do regime seco (índice pluviométrico inferior a 30 mm), essa hipótese não pode ser verificada nesta pesquisa, todavia afirma-se que a correlação significativa observada da produtividade tem relação com área plantada, pois apresentou correlações negativas no período seco (julho a novembro), ou seja, apresentou uma relação inversa com produtividade, porém, esta cultura depende destas condições ótimas de temperaturas e umidade (seco) para frutificação e a floração.

Neste contexto outros fatores são importantes a serem analisados, por exemplo, a relação hídrica, já que a deficiência da quantidade de água no solo para produção do açaí pode apresentar uma diminuição no rendimento (kg/ha), conforme citado por Bastos et al. (2006).

A questão das mudanças climáticas globais é um dos maiores desafios que a sociedade moderna enfrenta nos âmbitos científico, econômico e social. Por essa razão faz-se necessário analisar as projeções de cenários futuros, a fim de prognosticar condições de produtividade e determinar desta forma alguma solução alternativa de adaptação.

Os resultados gerados pelo modelo global HadGEM2 no cenário IPCC RCP4.5 apontam um regime chuvoso, com o aumento da PREC em torno de +1%, diminuição de TMAX em torno de 5%, da UR de 14% e a diminuição fraca de TMIN de 0,9%. Por outro lado, para o regime seco, o modelo indica diminuição de PREC em torno de 5%, aumento da TMAX (+5%) e TMIN (+5%), o que foi consistente com Yin et al. (2013) e diminuição de UR em torno de 10%, na qual este achado está em concordância com alguns trabalhos anteriores, como por exemplo, Marengo et al. (2012a), e em períodos prolongados de seca, com baixa umidade e alta temperatura, de acordo com Nepstad et al. (1999). Portanto, espera-se que o semestre do período chuvoso (DJFMAM) as projeções de regime sejam relativamente mais chuvoso e menos quente, enquanto que para os meses do período seco, as projeções são de regime mais seco e mais quente.

6 CONCLUSÕES

A tentativa de correlacionar a produtividade com a sazonalidade climática não apresentou evidência de que a alta produtividade ocorra no período de regime seco (época em que as ofertas são maiores e os valores do preço são menores no mercado interno), pois apresentou correlações negativas estatisticamente significantes ao nível de 90%.

O desempenho do modelo climático HADGEM2 para o cenário RCP 4.5 do IPCC em representar a sazonalidade climática regional no Pará apresentou concordâncias com o critério regional. Assim, foi possível desenvolver um modelo empírico para estimar a produtividade de frutos de açaí sobre o estuário do nordeste paraense usando como variáveis preditoras os dados de clima futuro fornecido pelo modelo HADGEM2. O comportamento da precipitação, temperatura do ar e umidade relativa do ar para os próximos 20 anos (2013 a 2032) resultam na continuidade de alta produção de frutos de açaí na região estudada, ou seja, os impactos decorrentes das mudanças climáticas não são alarmantes para a região no que concerne ao agroecossistema de plantas nativas de açaí.

Os resultados ao longo dos trabalhos aqui apresentados não se mostraram plenamente satisfatórios para os modelos prognósticos propostos, pois é evidente que, além dos elementos climáticos, outros fatores podem afetar a produção de açaí. O comportamento do mercado, as condições adversas do clima, o surgimento de novas tecnologias de manejo e as variedades para a cultura do açaí afetam, consideravelmente, a produção açazeiro, tornando-a bastante instável ao longo dos anos.

Deve-se salientar que os modelos propostos não levaram em consideração essas situações adversas e, logicamente, não são adequados para se fazer uma previsão de produtividade.

REFERÊNCIAS

ASSAD, E. D.; PINTO, H. S.; ZULLO JR., J.; EVANGELISTA, S. R. M.; OTAVIAN, A. F.; AVILA, A. M. H. de; EVANGELISTA, B. A.; MARIN, F. R.; MACEDO JR, C.; PELLEGRINO, G. Q.; PEREIRA-COLTRIP.; CORAL, G. **Aquecimento global e a nova geografia da produção agrícola no Brasil**. 2.ed. Campinas: EMBRAPA, 2008. v.1, 55p.

BANCO DO BRASIL (BB). Fruticultura-Açaí. **Desenvolvimento regional sustentável. série cadernos de propostas para atuação em cadeias produtivas**. Brasília, 2010. v.2 . 45f.

BASTOS, T. X; OLIVEIRA, M. S. P; PACHECO, N. A; MULLER, A. A. Indicativo climático cultivo do açaizeiro em ambiente de terra firme no estado do Pará. **Comunicado Técnico**, 159. 1 ed. Belém: Embrapa, 2006 . 3p.

CAMPOS, J. H. C.; SILVA, M. T.; SILVA, V. P. Impacto do aquecimento global no cultivo do feijão-caupi, no estado da Paraíba. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v.14,n.4, p. 396-404. 2010.

CARVALHO, L. M. V.; JONES, C.; LIEBMANN, B. The South Atlantic convergence zone persistence, form, extreme precipitation and relationships with intraseasonal activity. **Journal of Climate**, v.17, n.1, p.88-108. 2004.

CAVALCANTE, P. B. **Frutas comestíveis da Amazônia**. 5. ed. Belém: CNPq., 1991. p. 25-28. (Coleção Adolfo Ducke).

CLARKE, L.; EDMONDS, J.; JACOBY, H.; PITCHER, H.; REILLY, J.; RICHEL, R. **CCSP synthesis and assessment product 2.1, Part a: scenarios of greenhouse gas emissions and atmospheric concentrations**. Washington, DC: U.S. Government Printing Office, 2007.

CHEN, M.; SHI, W.; XIE, P.; SILVA, V.B.S; KOUSKY, V. E.; HIGGINS, R.W.; JANOWIAK, J.E. Assessing objective techniques for gauge-based analyses of global daily precipitation. **Journal of Geophysical Research**, v. 113: n. D04, p.1-13. 2008.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Conjuntura mensal**. período 01 a 30/11/2002. Disponível: <<http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=526&ordem=titulo>>. Acesso: 15/02/2013

COLLINS, W. J.; BELLOUIN, N.; DOUTRIAUX-BOUCHER, M.; CO-AUTHORS. Development and evaluation of an earth system model-HadGEM2.**Geosci Model Dev Discuss** v.4, n.2, p.997–1062. 2011.

DANCEY C.; REIDYJ. **Estatística sem matemática para psicologia: usando SPSS para Windows**. Porto Alegre: Artmed, 2006.

EMBRAPA. **Sistema de produção do açaí**. 2. ed: Sistemas de Produção, EMBRAPA Versão Eletrônica, Dez./2006. Disponível: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Acai/SistemaProducaoAcai_2ed/index.htm>. Acesso: 12/02/2013

FAUCHEUX, S.; NOEL, J. F. Economia dos recursos naturais e do meio ambiente. Ed. Paris: Armand Colin, p.445. 1995

FIGUEIREDO FILHO, D. B.; SILVA JUNIOR, J. A. Desvendando os mistérios do coeficiente de correlação de Pearson (r). **Revista Política Hoje**, v.18, n.1, p.145-147. 2010.

FILIZOLA, N.; SILVA, AGENOR V.; SANTOS, ANA MARIA C. Oliveira M.; A. Cheias e Secas na Amazônia: breve abordagem de um contraste na maior Bacia Hidrográfica do Globo. **T&C Amazônia**, v. 4, n. 9, ago. 2006.

FREIRE, A. S. C. **Análise meteorológica no estabelecimento de plântulas do açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.), na APA Ilha do Combu, Belém, Pará, 2011,90f.** Dissertação (mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade Federal do Pará, Belém, Brasil, 2011.

FREIRE, A. S. C.; VITORINO, M. I.; JARDIM, M. A.; DE SOUSA, A. M. L.; QUARESMA, A. C.; OLIVEIRA, F. G.; PEREIRA, R. N. Analysis of the establishment of seedlings of açai (*Euterpe oleracea* Mart.) in the Understory of a Forest of Amazon Floodplain. **Earth Interactions**, v.17, n.9, p.1-11. 2013.

GAMA, J. R. V.; BOTELHO, S. A.; BENTES-GAMA, M. M.; SCOLFORO, J. R. S. Estrutura e potencial futuro de utilização da regeneração natural de floresta de várzea alta no município de Afuá, Estado do Pará. **Ciênc. Florest**, v.13, p.71-82. 2003.

GARCIA, J.; REICHARDT, K. Modelo agroclimático de regressão linear múltipla para previsão de produtividade de culturas de sequeiro. **Pesq. Agropec. Brasileira**, Brasília, v.24, n.7, p. 779-786, jul 1989.

GUIMARÃES, L. A. Produção e comercialização do açaí no município de Abaetetuba, Pará. In: JARDIM, Mário Augusto Gonçalves; GROSSMANN, Leila Mourão; Monica. (Org.). **Açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) possibilidades e limites para o desenvolvimento sustentável no estuário amazônico.** Belém: MCT/Museu paraense Emílio Goeldi, v.1, p.11-26, 2004.

HENDERSON, A.; GALEANO, G. ***Euterpe, Prestoea, and Neonicholsonia (Palmae: Euterpeinae)***. New York: New York Botanical Garden, 1996. 90 p. (Flora Neotropical, 72).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Levantamento sistemático da produção agrícola.** Disponível em:<<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/defaulttab.shtm>>. Acesso: 12/04/2013.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Banco de Dados Meteorológicos para ensino e Pesquisa.** Disponível em:<<http://www.inmet.gov.br>>. Acesso: 12/04/2013

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Climate change 2007: synthesis report.** Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment report of Intergovernmental Panel on Climate Change, [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A.(eds)]. IPCC,Geneva, Switzerland, 2007. 104 p.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Climate change 2013: the physical science basis**. Contribution of working group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T. F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P. M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, in press, 2013.

JARDIM, M. A. G. Aspectos da produção extrativista do Açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) no estuário amazônico. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**. Série botânica, v.12, n.1, p.137-144.1996.

_____, A cadeia produtiva do açaizeiro para frutos e palmito: implicações ecológicas e socioeconômicas no estado do Pará. **Boletim do Museu Emílio Goeldi**, v.18, n.2, p.287-304. 2002

_____, ANDERSON, A. B. Manejo de populações nativas do açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) no estuário amazônico: resultados preliminares. **Boletim de Pesquisa Florestal**, n.15, p.1 -19. dez. 1987.

_____, KAGEYAMA, P. Y. Fenologia de floração e frutificação em população natural de açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) no estuário Amazônico. **Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi**, Ser. Bot., v. 10, n. 1, p. 77-82. 1994.

LEVINE, D. M; STEPHAN, D. F; KREHBIEL, T. C; BERENSON, L M. **Estatística – teorias e aplicações**. 5. ed. Rio de Janeiro, 2008. 752 p.

LIEBMANN, B.; SMITH, C. A. Description of a complete (interpolated) outgoing longwave radiation dataset. **BULL. Amer. Review**, v.122, n.5, p.1275-1277,1996.

MARENGO, J. A.; TOMASELLA, J.; SOARES, W. R.; ALVES, L. M.; NOBRE, C. A. Extreme climatic events in the Amazon basin-climatological and hydrological context of recent floods. **Theoretical Applied Climatology**, v.107, p. 3–85. 2012a.

MARTIN, G. M.; BELLOUIN, N; COLLINS, W. J.; CULVERWELL, I. D.; HALLORAN, P. R. ; HARDIMAN1, S. C.;HINTON, T. J.; JONES, C. D.;MCDONALD, R. E.; MCLAREN, A. J.; O’CONNOR, F. M.; ROBERTS, M. J.; RODRIGUEZ, J. M.; WOODWARD, S.; BEST, M. J.; BROOKS, M. E.; BROWN, A. R.; BUTCHART, N.; DEARDEN, C.; DERBYSHIRE, S. H.; DHARSSI, I.; DOUTRIAUX BOUCHER, M.; EDWARDS, J. M.; FALLOON, P. D.; GEDNEY, N.; GRAY, L. J.; HEWITT, H. T.; HOBSON, M.; HUDDLESTON, M. R.; HUGHES, J. ; INESON, S.; INGRAM, W. J.; JAMES, P. M.; JOHNS, T. C. ; JOHNSON, C. E.; JONES, A.; JONES, C. P.; JOSHI, M. M.; KEEN, A. B.; LIDDICOAT, S.; LOCK, A. P.; MAIDENS, A. V.; MANNERS, J. C.; MILTON, S. F.;. RAE, J. G. L; RIDLEY, J. K.; SELLAR, A.; SENIOR, C. A.; TOTTERDELL, I. J.; VERHOEF, A.; VIDALE, P. L.; WILTSHIRE, A. The HadGEM2 family of met office unified model climate configurations. **Geosci. Model Development**., v.4,p. 723–757. 2011.

MATTOS, M. M. **Produtos florestais não-madeireiros como fundamentais de dinâmica de economia da região de Integração Tocantins, Estado do Pará**. 2010. 257f. Monografia (Especialização) – UFPA, NAEA, Belém, 2010.

MORAES, B. C.; COSTA, J. M. N.; COSTA, A. C. L.; COSTA, M. H. Variação espacial e temporal da precipitação no estado do Pará. **Acta Amazonica**. v. 35, n.2, p. 207-214, 2005.

NAGAISHI, T. Y. R. **Açaí (*Euterpe oleracea* Mart): extrativismo, características, energia e renda em uma comunidade na ilha de Marajó/Pa**. 2007. 105 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2007.

NEPSTAD, D. C.; VERISSIMO, A.; ALENCAR, A.; CO-AUTHORS. Large scale impoverishment of Amazonian forests by logging and fire. **Nature**, v.398, n.6727, p. 505-508. 1999.

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

NOGUEIRA, O. L. **Regeneração, manejo e exploração de açaizais nativos de várzea do estuário amazônico**. 1997. 149 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade Federal do Pará, Museu Paraense Emílio Goeldi, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Belém, 1997

NOGUEIRA, A. K. M.; SANTANA, A. C. Análise de Sazonalidade de Preços de Varejo de Açaí, Cupuaçu e Bacaba no Estado do Pará. **Revista de Estudos Sociais**, v.1, n.11, p. 7–22. Belém, 2009.

NUNES, R. P. **Métodos para a pesquisa agrônoma**. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará - Centro de Ciências Agrárias, 564 p., 1998.

OLIVEIRA, M. S. P. **Melhoramento genético do açaizeiro na Amazônia Oriental**. 15f. (apostila). 1998

OLIVEIRA, M. C. F.; JÚNIOR, J. A. S.; FRANCO, V. S.; SIQUEIRA, I. S.; ALBUQUERQUE, M. F. **Influências dos Recursos térmicos e hídricos na produção de grãos do milho e do arroz no municípios de Altamira-Pa**, 1998 a 2005. In: XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2010, Belém - PA. Anais do XVI Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2010.

OHASHI, S. T. ; KAGEYAMA, P. Y. **Variabilidade genética entre populações de açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) do estuário amazônico**. In: Mário Augusto Gonçalves Jardim; Leila Mourão; Monica Grossmann;. (Org.). Açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) Possibilidades e limites para o desenvolvimento sustentável no estuário amazônico. Belém: MCT/Museu paraense Emílio Goeldi, v.1, p. 11-26. 2004

PADILHA, J. L.; CANTO, S. A. E.; RENDEIRO, G. **Avaliação do Potencial dos Carócos de Açaí para Geração de Energia**. **Biomassa e Energia**. Viçosa, v. 2, n. 3, p. 231-239, 2005.

PAINEL BRASILEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS (PBMC): Contribuição do Grupo de Trabalho 1 ao Primeiro Relatório de Avaliação Nacional do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. Sumário Executivo GT1. **PBMC**, Rio de Janeiro, Brasil. 24 p. 2013

PEREIRA, A. R.; ANGELUCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Editora Agropecuária, 2002

PEREIRA, E. R. R.; DE FREITAS, J. C.; DE ANDRADE, A. R. S.; DE MACEDO, M. L. A.; DA SILVA NETO, M. F. Variabilidade do Número de Dias de Chuva no Estado de Alagoas. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v. 5, n. 1, p. 7-26, 2012.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 14. ed. Piracicaba:Nobel, 477p, 2000

RIBEIRO JÚNIOR, J. I. **Análises estatísticas no SAEG**. Viçosa: UFV, 301 p, 2001.

RODRIGUES, J.; SZLAFSZTEIN, C. **Caracterização do meio rural no município de Alenquer no contexto de Mudanças Climáticas**. Relatório preparado para o projeto Calha Norte, ITT/Iniciativa Amazônica, UFPA, Belém. 2009.

ROGEZ, H. **Açaí: preparo, composição e melhoramento da conservação**. Belém: EDUFPA, 2000. 313f.

SANTANA, A. C. **Organização e competitividade das empresas de polpa de frutos do estado do Pará: 1995 a 2004**. Belém:Unama, 2010.

SANTANA, A. C.; COSTA, F. A. O mercado de açaí no Pará. In: HERVÉ, R. (Org.) **Açaí ao alcance de todos**. Belém: ADA; UFPA; UFRA, 2006.

SANTANA, A.C.; COSTA, F. A. Mudanças recentes na oferta e demanda do açaí no Estado do Pará. In: SANTANA, A.C. de; CARVALHO, D. F.; MENDES, A. F. T. Análise sistêmica da fruticultura paraense: organização, mercado e competitividade empresarial. Belém: **Banco da Amazônia**, p.205-226. 2008.

SANTOS, R. S.; COSTA, L. C.; SEDIYAMA, G. C.; LEAL, B. G.; OLIVEIRA, R. A.; JUSTINO, F. B. Avaliação da relação seca/Produtividade agrícola em cenário de mudanças climáticas. **Revista Brasileiro de Meteorologia**, v.26, n.2, p.313 – 321. 2011

SECRETARIA DE ESTADO DE AGRICULTURA (SAGRI). **Dados da produção do açaí, ano 2010**. Disponível em: <http://www.sagri.pa.gov.br/pagina/extrativismo_e_silvicultura>. Acesso em: 17/04/2013

SILVA, I. S. **Trabalho e sociobiodiversidade: interações rural-urbano na orla de Belém do Pará**. 2011. 178f . Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental) - Universidade Federal do Pará, Museu Paraense Emilio Goeldi e EMBRAPA, Instituto de Geociências, Programa de Pós- Graduação em Ciências Ambientais, Belém, 2011.

SILVA, M. N. A. **O mix de produtos como estratégia competitivas das agroindústrias de polpa de frutas do estado do Pará**. 2004. Dissertação (Mestrado em Economia Rural), Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, 2004.

SILVA, V. B.; KOUSKY, V.; SHI, W.; HIGGINS, W. An improved gridded historical daily precipitation analysis for Brazil. **Journal of Hydrometeorology**, v 8, n.4, p.847-861, 2007.

SOUZA, E. B.; KAYANO, M. T.; AMBRIZZI, T. The regional precipitation over the eastern Amazon/northeast Brazil modulated by tropical Pacific and Atlantic SST anomalies on weekly timescale. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.19, n.2, p.113-122, 2004.

__. Intraseasonal and submonthly variability over the Eastern Amazon and Northeast Brazil during the autumn rainy season. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 81, n. 3- 4, p.177-191, 2005.

SOUSA, L. A. S.; JARDIM, M. A. G. Incremento vegetativo de plantas de Açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.) em área de vegetação secundária no nordeste paraense. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p. 222-224, 2007a

TINOCO, A. C. **Açaí amazônico: novas perspectivas de negócio**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2005. 1 CD-ROM. Trabalho apresentado no Workshop Regional do Açaizeiro: pesquisa, produção e comercialização, Belém, PA, 2005.

TORRES, R. R; LAPOLA, D. M.; MARENGO, J. A.; LOMBARDO, M. A. Socio- climatic hotspots in Brazil. **Climatic change**. v.115 n. 3-4, p. 597-609. 2012

TROMPIERI NETO, N. ; MAGALHÃES, K. A.; SOARES, R. B. O Impacto da precipitação na economia do Ceará. IN: **2a Conferência Internacional: Clima, Sustentabilidade e Desenvolvimento em Regiões Semiáridas**, FAPESP, Fortaleza, Ceará, 2010.

VAN VUUREN, D. P.; EDMONDS, J.; KAINUMA, M.; RIAHI, K.; THOMSON, A.; HIBBARD, K.;.. ROSE, S. K. The representative concentration pathways: an overview. **Climatic Change**, v.109, n.1, p.5-310, 2011.

VICENTE, A. S. C. **Açaizeiros na amazônia cultivados e irrigados em terra firme no Estado do Pará**. Disponível em:<http://www.amazoniairrigacao.com.br/doc/acai_amaz.pdf>. Acesso: 20/03/2012

VEDOVETO, M. **Caracterização do mercado de açaí** (*Euterpe oleracea* Mart.) em Belém entre 2006 e 2008). 2008, 43f, Relatório científico, Universidade de São Paulo. Departamento de Ciências Florestais. Belém, 2008.

VILLACHICA, H.; CARVALHO, J. E. U. ; MÜLLER, C. H.; DIAZ, S. C.; ALMANZA, M. Frutales y hortalizas promissorios de la Amazonia. Lima: Tratado de Cooperación Amazonica, **TCA-SPT**, 367 p., 1996. (TCA-SPT. Publicaciones, v.44)

WAHNFRIED, I. E.; HIRATA, R. Comparação dos métodos de estimativa de recarga de aquíferos em uma planície aluvionar na Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (São Paulo). **Revista Brasileira dos Recursos Hídricos-ABRH**, v.10, n.2, p. 15 – 25, 2005

YIN, L; FU, R; SHEVLIKOVA, E; DICKINSON, R. E. How well can CMIP5 simulate precipitation and its controlling processes over tropical South America?. **Climate Dynamics**. v. 41, n.11-12, p. 3127-3143, 2013.