



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
PIMES - PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA
MESTRADO PROFISSIONAL EM ECONOMIA
ÁREA DE COMÉRCIO EXTERIOR E RELAÇÕES INTERNACIONAIS

**Clima e produtividade da agricultura permanente:
estudo exploratório para o estado de Pernambuco
entre os anos de 2002 e 2012**

Aluna: Rafaelly Soares de Melo

Orientador: Prof José

Lamartine Távora Júnior

Có-orientadora: Prof^a Andrea Sales Soares de A. Melo

Recife – março/2014

Rafaelly Soares de Melo

**Clima e produtividade da agricultura permanente:
estudo exploratório para o estado de Pernambuco
entre os anos de 2002 e 2012**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós
Graduação em Economia – PIMES como parte dos
requisitos necessários para obtenção do grau de
mestre em Economia Pela Universidade Federal de
Pernambuco UFPE.

Recife – março/2014

Catálogo na Fonte
Bibliotecária Ângela de Fátima Correia Simões, CRB4-773

M528c Melo, Rafaelly Soares de
 Clima e produtividade da agricultura permanente: estudo exploratório
 para o estado de Pernambuco entre os anos de 2002 e 2012 / Rafaelly Soares
 de Melo. - 2014.
 59 folhas: il. 30 cm.

 Orientador: Prof. Dr. José Lamartine Távora Júnior e Co-orientadora
 Prof.^a Dra. Andrea Sales Soares de A. Melo.
 Dissertação (Mestrado em Economia) – Universidade Federal de
 Pernambuco. CCSA, 2014.
 Inclui referência e anexos.

 1. Aquecimento global. 2. Cultivos agrícolas. 3. Produtividade agrícola.
 I. Távora Júnior, José Lamartine (Orientador). II. Melo, Andrea Sales
 Soares de A. (Co-orientadora). III. Título.

331 CDD (22.ed.)

UFPE (CSA 2016 – 134)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA
PIMES/PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA

PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DO
MESTRADO PROFISSIONAL EM ECONOMIA DE:

RAFAELLY SOARES DE MELO

A Comissão Examinadora composta pelos professores abaixo, sob a presidência do primeiro, considera a Candidata Rafaelly Soares de Melo **APROVADA**.

Recife, 15 de março de 2014.

Prof. Dr. José Lamartine Távora Júnior
Orientador

Prof. Dr.ª Andrea Sales Soares de Azevedo Melo
Co-Orientador e Examinador Interno

Prof. Dr. André de Souza Melo
Examinador Externo/UFRPE

AGRADECIMENTOS

Dedico este trabalho primeiramente a Deus, por ser essencial em minha vida, autor de meu destino, meu guia, socorro presente na hora da angústia, ao meu pai Álvaro Filho, minha mãe Rainera e as minhas irmãs Karolliny e Brunna.

Ao meu orientador José Lamartine e a minha Có-orientadora Andrea Sales, pela paciência na orientação e incentivo que tornaram possível a conclusão desta dissertação.

Por fim, a todos aqueles que de alguma forma estiveram e estão próximos de mim, fazendo esta vida valer cada vez mais a pena.

Resumo

Entender as reais consequências do aquecimento global na atividade agrícola é de extrema importância para mitigar seus impactos adversos e maximizar os impactos positivos. O presente estudo buscou contribuir para esta discussão, verificando, com base em regressão de dados em painel, os efeitos das possíveis variáveis afetadas pela mudança climática sobre a produtividade agrícola dos principais cultivos permanentes em Pernambuco (coco, uva, manga e banana). Os resultados encontrados indicam que não apenas o aumento na temperatura máxima das localidades, mas também mudanças em outras possíveis variáveis afetadas pelo aquecimento global terão um impacto direto sobre a produtividade desses cultivos no cenário pernambucano. Estas implicações podem ser extremamente negativas para o crescimento da economia de Pernambuco, dada a importância desta atividade no cenário econômico e social.

Palavras chave: aquecimento global; cultivos permanentes; produtividade agrícola.

Abstract

Understand the real consequences of global warming on agricultural activity is extremely important to mitigate its adverse impacts and maximize positive impacts. The present study intent to contribute to this discussion checking the effects of the possible variables affected by climate change on the agricultural productivity of the main permanent crops in Pernambuco (coconut, grape, mango and banana) using panel data regression. The results suggest that the increase in the maximum temperature of the localities, as well as changes in other possible variables affected by global warming, will have a direct impact on the productivity of these crops in Pernambuco. These implications can be extremely negative for economic growth, given the importance of this activity to Pernambuco's economic and social scenario.

Keywords: global warming; permanent crops; agricultural productivity.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	6
2	AQUECIMENTO GLOBAL E ATIVIDADE AGRÍCOLA: UMA REVISÃO DE LITERATURA	9
2.1	O AQUECIMENTO GLOBAL E MUDANÇAS CLIMÁTICAS.....	9
2.2	MUDANÇAS CLIMÁTICAS E PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA	11
3	AGRICULTURA PERMANENTE EM PERNAMBUCO: EVOLUÇÃO E CARACTERÍSTICAS	15
3.1	UMA VISÃO GERAL DA ATIVIDADE AGRÍCOLA BRASILEIRA.....	15
3.1.1	<i>PIB e produtividade agrícola no Brasil.....</i>	<i>15</i>
3.1.2	<i>A produção agrícola entre as regiões brasileiras</i>	<i>16</i>
3.2	AS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DA AGRICULTURA PERMANENTE	18
3.2.1	<i>Agricultura permanente e temporária no Brasil</i>	<i>18</i>
3.2.2	<i>As previsões dos impactos das mudanças climáticas para o Brasil</i>	<i>19</i>
4	METODOLOGIA.....	21
4.1	ABORDAGEM DO PROBLEMA	21
4.2	AS ESTAÇÕES DE MEDIÇÃO	21
4.3	ANÁLISE DE DADOS EM PAINEL	23
4.4	DADOS	26
5	RESULTADOS	28
5.1	A ESTATÍSTICA DESCRITIVA DOS DADOS	28
5.2	A EVOLUÇÃO CLIMÁTICA DO ESTADO DE PERNAMBUCO	33
5.3	ESCOLHA DO MODELO: TESTE DE HAUSMAN	42
5.4	OS MODELOS ESTIMADOS.....	47
5.5	O IMPACTO DO CLIMA NA PRODUTIVIDADE DA AGRICULTURA PERMANENTE	50
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	52
7	REFERÊNCIAS.....	54
	ANEXOS	58

INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas que se tem observado no planeta nos anos mais recentes tem na sua origem algumas controvérsias, mas suas consequências têm sido observadas como fato. A atmosfera tem se tornado mais ativa, intensificando gradualmente eventos como fortes chuvas, ciclos de secas, maior número de furacões e tufões. Alguns desses eventos têm afetado o Brasil, e o estado de Pernambuco em particular.

É preciso entender como estes eventos afetarão as atividades produtivas, a fim de melhor se preparar para o futuro. É necessário que haja um planejamento para lidar com esta nova realidade que está se formando com as mudanças climáticas. A economia tem um papel muito importante diante desses acontecimentos, a fim de amenizar as calamidades causadas por tais mudanças, preparando a sociedade para enfrentá-las da melhor forma, já que teremos que conviver por algumas décadas com os efeitos do aquecimento global. Isso faz com que o melhor entendimento dos possíveis impactos das mudanças do clima na atividade agrícola seja de extrema importância para mitigar seus impactos adversos e maximizar os impactos positivos.

Além de um maior conhecimento sobre as possíveis consequências das mudanças climáticas, deve-se, de imediato, tentar atacar as suas já conhecidas causas. Um passo inicial neste sentido seria uma maior fiscalização no controle de queimadas e desmatamento da Amazônia e de outros importantes biomas do Brasil, já que o Brasil é o 4º maior emissor de CO₂, devido principalmente às queimadas na Amazônia. Neste contexto, se faz necessário o desenvolvimento de novas técnicas de construção em conjunto com uma adaptação de portos, rodovias, redes de transmissão de energia, dutos e gasodutos, para que estes sejam adaptados para resistir aos efeitos de uma atmosfera mais ativa, bem como uma manutenção estratégica de reservas e conservação de água para as grandes cidades e a agricultura, a fim de possibilitar o enfrentamento de cada vez mais eventos de chuvas irregulares.

De acordo com Streck e Alberto (2006), modelos matemáticos são uma simplificação da realidade que permitem descrever as complicadas interações que existem em agroecossistemas e, assim, tornam possível o estudo do impacto de mudanças nos elementos meteorológicos e no clima sobre agroecossistemas. Na

literatura existem vários modelos de simulação de rendimento das culturas agrícolas, desde os mais simples aos mais complexos.

O aquecimento do planeta tem efeitos negativos sobre o rendimento das plantas, tanto devido ao encurtamento do ciclo de seu desenvolvimento quanto do aumento da respiração do tecido vegetal. Se este efeito for maior do que o efeito positivo do aumento de CO₂ na atmosfera sobre o rendimento agrícola, por ser este o substrato primário da fotossíntese; então é possível que haja consequências de perdas de produtividade de uma forma geral (STRECK e ALBERTO, 2006).

Medidas de adaptação do setor primário a esse futuro desafio são muito mais difíceis em países e regiões menos desenvolvidas (FUHRER, 2003; STRECK, 2005). Tal dificuldade aumenta a responsabilidade da comunidade científica, na busca de alternativas tecnológicas, que auxiliem na mitigação dos possíveis impactos da mudança climática sobre os agroecossistemas.

Apesar dos potenciais benefícios da crescente expansão da atividade agrícola na região pernambucana, deve-se atentar para os possíveis problemas que o aquecimento global pode acarretar. Estas implicações podem ser extremamente negativas para o crescimento da economia do estado, dada a grande importância desta atividade no cenário econômico e social.

Nesse sentido, torna-se importante a realização de um estudo detalhado dos fatores determinantes da produtividade agrícola na região, analisando a possibilidade de crescimento da atividade e, em consequência, alavancar o seu crescimento econômico. Este estudo é justamente o objetivo proposto nesta pesquisa, o qual será exposto nos próximos itens. Mais especificamente, o objetivo geral deste trabalho é estimar o impacto de variações climáticas bem como de algumas variáveis por ela afetadas sobre a produtividade da agricultura permanente de Pernambuco, sendo analisados os cultivos de manga, banana, coco e uva. Estes quatro produtos respondem por 90% do valor gerado pela agricultura permanente pernambucana.

Os objetivos específicos são realizar um levantamento sobre os determinantes da produtividade da agricultura permanente brasileira; mapear a agricultura permanente em Pernambuco, por microregião; realizar levantamento sobre as variações climáticas no estado; consolidar os estudos e previsões de aquecimento global sobre o clima brasileiro.

Para atingir os objetivos propostos, este estudo se subdivide em mais 5 capítulos, além desta introdução. O segundo capítulo faz uma revisão da literatura sobre variação climática e produção agrícola. O terceiro capítulo traz dados sobre a agricultura permanente do Brasil e do estado de Pernambuco. O quarto capítulo explica os procedimentos metodológicos da pesquisa, descrevendo o método de regressão com dados em painel. O quinto traz os resultados da estimação econométrica, mostrando a importância sobre a produtividade, principalmente, da temperatura máxima das microrregiões estudadas. O capítulo final sintetiza as principais conclusões do estudo.

É preciso avançar nas simulações de cenários agrícolas que sejam mais próximos do futuro real e processos fisiológicos como esses, o desenvolvimento de pragas e doenças com base na alteração climática, as mudanças de métodos nos sistemas produtivos e as projeções de avanços tecnológicos devem ser passíveis de modelagem matemática e incorporáveis aos modelos hoje utilizados. Não devem, porém, torná-los tão complexos a ponto de inviabilizar sua aplicação em estudos mais generalizados para todo o país pelo excesso de dados de entrada ou de parâmetros a serem estimados. Não é simples encontrar esse ponto de equilíbrio, mas deve-se avançar nesse sentido, sendo essas metas importantes para o desenvolvimento de pesquisas sobre os impactos das mudanças climáticas sobre a agricultura. Outro desafio a se considerar é a adaptação e redução da vulnerabilidade frente à projeção de aumento da frequência de ocorrência de eventos extremos, como ondas de calor, ondas de frio, geadas, tempestades, granizo, estiagens e outros fenômenos que, podem provocar fortes prejuízos e perdas de safras irreparáveis.

AQUECIMENTO GLOBAL E ATIVIDADE AGRÍCOLA: UMA REVISÃO DE LITERATURA

De acordo com Adger et al. (2007), as evidências observadas a partir de todos os continentes e dos oceanos, mostram que muitos sistemas naturais estão sendo afetados por mudanças climáticas regionais, particularmente aumentos de temperaturas. As principais diferenças observadas são: mudanças no gelo, na neve e no permafrost das regiões polares; aumentos nos derretimentos de geleiras agravados pela ocorrência precoce da primavera; aquecimento de lagos e rios em muitas regiões, alterando a estrutura térmica e a qualidade da água; adiantamento da primavera, alterando a formação de folhas nas árvores e a migração de pássaros; alterações nos habitats, deslocando espécies vegetais e animais para regiões outrora mais frias; aumento de algas, plâncton e peixes em oceanos situados em regiões de altas latitudes; aumento de algas e plâncton em lagos situados em regiões de altas latitudes e migração antecipada de peixes. Também estão relacionados os efeitos na agricultura e nas florestas situadas no hemisfério norte, como a antecipação da primavera, e seu efeito na cultura de grãos e distúrbios florestais, como incêndios frequentes e graves. Por outro lado, o aquecimento, secas e mudanças nas estações estão reduzindo as culturas agrícolas. Isto tudo, atribuído ao aquecimento global, por sua vez creditado principalmente ao incremento das concentrações do dióxido de carbono na atmosfera terrestre.

A alta concentração de alguns gases na atmosfera provoca o Efeito Estufa (EE). Os raios solares que chegam à terra têm mais dificuldade para serem refletidos de volta ao espaço sideral e o calor fica retido na atmosfera, causando o aquecimento da superfície terrestre. Ou seja, toda a biosfera pode ter sua temperatura alterada. O Efeito Estufa pode causar vários danos ambientais, sérios prejuízos às atividades agrícolas e ao desenvolvimento econômico.

1.1 O Aquecimento Global e Mudanças Climáticas

O tema do aquecimento global tem tomado espaço na literatura econômica, devido à preocupação de suas consequências sobre a economia, em especial sobre a atividade agrícola. A origem mais provável deste fenômeno está na concentração de

gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera (DOMINGUEZ, MAGALHÃES e RUIZ, 2008). Os principais GEE são: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), ozônio troposférico (O₃) e clorofluorcarbonos (CFCs), que atuam através da absorção da radiação infravermelha criada quando a luz visível do sol bate na terra.

O “efeito estufa” tanto acontece por causas naturais quanto por causas antrópicas. As causas naturais não trazem preocupação, uma vez que são importantes para garantir que a temperatura da terra se mantenha numa média de 15°C e, caso não existissem, esta temperatura seria de -18°C, o que inviabilizaria a vida hoje existente na terra (CERRI e CERRI, 2007). As causas antrópicas, entretanto, tornadas vultosas a partir da revolução industrial, principalmente devido ao uso do carvão, petróleo e queimadas das florestas, têm sido responsabilizadas por um rápido aumento desses gases nos anos mais recentes.

A emissão de CO₂, principal contribuinte ao aquecimento por efeito estufa, começou a aumentar nos anos de 1800 com a conversão de florestas em área para agricultura, mas houve uma aceleração grande a partir de 1950, devido principalmente à combustão de combustível fóssil (OTTINGER, 1991). No cenário mundial, o Brasil aparece como o quinto país emissor de GEE, devido, predominantemente, às queimadas florestais: 75% das emissões de CO₂ brasileiras se devem às práticas agrícolas e às queimadas. Se as queimadas não forem consideradas, a participação brasileira no ranking cai para o 17º lugar (CERRI e CERRI, 2009).

Baseados principalmente no aumento do efeito estufa fruto do comportamento humano, estudiosos têm alertado sobre seus reflexos nas mudanças climáticas, tais como distribuição irregular das chuvas, aumento ou diminuição de temperaturas da atmosfera, elevação do nível do mar, entre outros. De acordo com Salat et. al. (2004), sendo mantidas as taxas de crescimento de produção desses gases, em um futuro próximo, pode-se chegar a um cenário de climas mais extremos com secas, inundações e ondas de calor mais frequentes. A elevação da temperatura aumenta a capacidade do ar em reter vapor d'água e, conseqüentemente, há maior demanda hídrica.

Segundo Goldemberg (2003), os impactos ambientais podem ser:

- Locais - poluição urbana do ar, poluição do ar em ambientes fechados;
- Regionais – chuva ácida;
- Globais – efeito estufa, desmatamento, degradação costeira e marinha.

O Brasil, com sua dimensão continental, possui uma considerável heterogeneidade climática, tipos de solo e topografia, estando sujeito, portanto, a

diferentes tipos de impacto oriundos do aquecimento. De um modo geral, os aumentos previstos de temperatura para o país (1 a 6°C, dependendo do cenário de emissões) causariam aumento de evaporação à superfície, provocando alterações nos balanços hídricos da vegetação natural e de culturas agrícolas. No século XX ocorreu um aumento de 0,65°C na média da temperatura global, mais precisamente na década de 1990 (IPCC, 2001). As causas desta variação podem ser de ordem natural, causada pelo homem ou uma soma das duas (SILVA, 2004). As magnitudes de tais previsões são ainda incertas visto que pouco se sabe em relação aos processos de troca de calor, de carbono, e de radiação entre os diversos setores do sistema terra-atmosfera.

1.2 Mudanças Climáticas e Produtividade Agrícola

Em resposta às alterações apontadas, os ecossistemas de plantas poderão aumentar sua biodiversidade, o que seria um efeito positivo, mas também podem sofrer influências negativas. Nas plantas, o aumento da temperatura é diretamente proporcional à atividade fotossintética. As reações catalisadas enzimaticamente podem ser aceleradas, resultando na perda da atividade das enzimas, fator este associado à tolerância das plantas ao calor (BIETO e TALON, 1996).

Estudo realizado pela Embrapa (2008) avaliou os possíveis impactos que o aquecimento global poderá causar às principais culturas agrícolas do país nas próximas décadas. Segundo esse estudo, “o aquecimento global pode provocar perdas nas safras de grãos de R\$ 7,4 bilhões já em 2020 - números que podem subir para R\$ 14 bilhões em 2070 – e alterar profundamente a geografia da produção agrícola no Brasil”.

Além disso, o estudo prevê que a ausência de medidas de mitigação dos efeitos das mudanças climáticas e a adaptação de cultivos pode ocasionar o deslocamento de plantações para áreas nas quais, atualmente, não se verifica sua ocorrência, como forma de aproveitar as condições climáticas mais adequadas. Mas o estudo alerta que os impactos sobre a produção agrícola são apenas os impactos diretos das mudanças climáticas. Há que se considerar ainda que a atividade agrícola, afetada diretamente pela mudança climática, repercute sobre diversos outros setores econômicos. Por exemplo, aumenta o custo de produção agrícola e da pecuária, eleva o custo dos insumos para o setor de alimentos e para o consumo das famílias. Assim, gera queda de atividade

econômica em vários setores, que acabam espalhando seu impacto no sistema como um todo.

Conforme referido, espera-se que ocorram deslocamentos da produção de determinados produtos para outras regiões, fazendo com que haja perda em umas áreas e ganho em outras. Algumas regiões, beneficiadas pela introdução ou ampliação de cultivos, podem atrair fatores produtivos (capital e trabalho) e serviços, deslocando a atividade econômica de outras regiões.

Os modelos de simulação dos sistemas solo-planta-atmosfera constituem uma ferramenta adequada para estudos que envolvam aplicações sob condições de grande variabilidade ambiental, pois permitem determinar os riscos envolvidos na produção agrícola em função dos principais componentes de produção (CUNHA e ASSAD, 2001; SULTAN et al., 2005). Eles possibilitam a repetição de diferentes condições de manejo em vários anos e locais, usando-se dados climáticos históricos ou sintéticos (HARRISON et al., 1989; KENNY e HARRISON, 1992).

Algumas opiniões caminham na direção da afirmativa de que o desenvolvimento do zoneamento agrícola constitui uma ferramenta através da qual se busca a minimização dos riscos mais frequentes que a cultura poderá sofrer no período de plantio até a sua colheita (ZULLO JÚNIOR et al., 2005). A irregularidade do período chuvoso na região Nordeste do Brasil restringe a escolha de qualquer cultura a ser implantada, principalmente na maior parte do semiárido, justamente onde o déficit hídrico é ainda maior (SILVA et al, 2005).

Silva e Azevedo (2000), Silva e Amaral (2007), Andrade Júnior et al., (2001; 2004) evidenciam que a definição das épocas de semeadura por meio do balanço hídrico do solo contribuição irregular das chuvas.

Mudanças climáticas em Pernambuco ameaçam intensificar as dificuldades de acesso à água. A combinação das alterações do clima, na forma de falta de chuva ou pouca chuva, acompanhada de altas temperaturas e altas taxas de evaporação e, com a competição por recursos hídricos, podem levar a uma crise potencialmente catastrófica, sendo os mais vulneráveis os agricultores pobres, como os agricultores de subsistência na área do semiárido. Com o semiárido mais árido e com maior frequência de secas, a base de sustentação para as atividades humanas diminuirá, sendo provável que aumente o deslocamento da população para as cidades ou para as áreas que aumente o deslocamento da população para as cidades ou para as áreas onde seja possível desenvolver a agricultura irrigada. Diversos trabalhos trataram esta temática, tais como

Magalhães et al (1998); Xavier (2001), Marengo (2003, 2007^a), Marengo e Nobre (2001), Silva Dias e Marengo (2002), Nobre et al. (2006), IPCC, (2007 a,b), Marengo e Silva Dias (2007).

Segundo Duclos (2001, apud Favero, 2006), a vulnerabilidade a riscos naturais, por exemplo, será tanto maior quanto for à dependência das atividades econômicas aos fatores climáticos, como se observa na atividade agrícola, ainda com maior intensidade para os sistemas mais pobres. Os impactos decorrentes desses eventos levam a um agravamento da situação de pobreza, expondo em um momento seguinte a uma maior vulnerabilidade, desencadeando um processo cíclico.

Domingues et al. (2008) simulou dois cenários de mudança climática, um com alta elevação da temperatura e outro com baixa elevação da temperatura, sendo que, em ambos, Pernambuco ocupa a primeira posição em termos de redução do crescimento do PIB, quando comparado com uma situação que não há elevação da temperatura. O estudo indicou que na condição de maior elevação da temperatura, de 2010 a 2050, Pernambuco teria uma redução no PIB de 18,6% em comparação a uma situação sem elevação da temperatura. Para a situação de menor elevação, essa perda seria de 13,1%. Os efeitos sobre a atividade pecuária explicariam em grande parte essa estimativa de redução do PIB. Até 2050, em Pernambuco, o PIB agropecuário seria reduzido em 70,6% para o cenário da maior elevação e no cenário com a menor elevação da temperatura a redução do PIB agropecuário seria de 48,2%, ou seja, ainda bastante elevado. Esses impactos estão diretamente relacionados à disponibilidade de terras, a importância do setor na economia estadual e à inserção regional da economia. Os impactos sociais dessas mudanças são alarmantes, tanto pela dependência de grande parte da população dessas atividades para a própria subsistência, quanto pela difícil permanência da população nessas regiões, mesmo em outras atividades.

Segundo o estudo, o setor industrial de Pernambuco teria redução de 26,6% até 2050, caso ocorresse uma maior elevação da temperatura, comparando com a uma situação sem elevação da temperatura, e uma redução de 21,5% no cenário de menor elevação da temperatura. Os resultados apresentados pelo setor industrial parecem guardar uma relação insumo-produto nos estados do Nordeste, visto que os estados mais afetados no setor agropecuário também tiveram maior impacto na indústria.

O estudo conclui que as regiões do oeste de Pernambuco e do sul do Maranhão são as mais afetadas, no entanto, as regiões do semiárido do Ceará e Zona da Mata da Paraíba também serão particularmente afetadas. As evidências e estudos convergem

para um ponto consensual frente a esses fatos, e pela suscetibilidade aos efeitos climáticos percebe-se a importância da elaboração e acompanhamento de políticas que visem à redução dos impactos da mudança climática e diminuição do ritmo dessas mudanças.

Uma ferramenta auxiliar aos experimentos com os estudos dos impactos das mudanças climáticas sobre as culturas agrícolas são os modelos matemáticos, os quais se constituem em uma simplificação da realidade dos agroecossistemas (STRECK e ALBERTO, 2006a).

A agricultura e a natureza exercem profunda influência recíproca. A agricultura tem contribuído durante séculos para a criação, manutenção e disponibilidade de uma variedade de habitats seminaturais, moldando a maior parte das paisagens do Hemisfério Norte e grande parte do Hemisfério Sul, algumas delas constituindo o refúgio de uma vida selvagem rica e diversificada. A agricultura também sustenta uma comunidade rural diversa que, além de constituir a base cultural fundamental de cada povo, desempenha um papel importante na manutenção do equilíbrio e da saúde ambiental (AEA, 2008; LACROIX, 2007).

AGRICULTURA PERMANENTE EM PERNAMBUCO: EVOLUÇÃO E CARACTERÍSTICAS

1.3 Uma visão geral da Atividade Agrícola Brasileira

1.3.1 PIB e produtividade agrícola no Brasil

A atividade agrícola, enquanto produção de plantas e animais num local determinado, visando a alimentação de uma comunidade, remonta há pelo menos 10.000 anos a.c. (MAZOYER e ROUDART, 1997; DIAMOND, 2003; OLSON, 2003). Na pré-história, o uso do fogo para limpeza de áreas, de algumas ferramentas para cultivo da terra e de plantios sem preparo do solo eram algumas das práticas que permitiram a formação dos primeiros aglomerados humanos, mais ou menos fixos. De lá para cá, muita coisa mudou. A agricultura se espalhou pelo mundo inteiro. As plantas cultivadas e os animais criados passaram por modificações genéticas que permitiram sua adaptação a diferentes ambientes, sem perdas drásticas de produtividade. Aumentou-se a diversidade de produtos obtidos por meio da atividade agrícola. O avanço do conhecimento sobre o funcionamento dos diferentes sistemas que compõem e sustentam a vida na Terra permitiu o desenvolvimento de técnicas que possibilitaram o aumento da oferta de alimentos e a melhoria da dieta humana, pelo menos para o segmento da população mundial que dispõe de acesso à alimentação nutricionalmente equilibrada. Mas duas coisas não mudaram: para produzir alimentos que atendam às necessidades da população humana é necessário fazer agricultura e, praticá-la, causando impactos no ambiente. Ao longo da história da humanidade, a agricultura influenciou e foi influenciada por mudanças políticas, sociais e culturais (DIAMOND, 2003; OLSON, 2003). O Brasil, país de dimensões continentais, que guarda desigualdades sociais e econômicas acentuadas, tem sua história marcada pela agricultura. Desde o século XVI, quando o Brasil Colônia era exportador de pau-brasil, até os dias de hoje, a riqueza do país se apoia em produtos primários, com os produtos agrícolas respondendo por parte importante do Produto Interno Bruto (PIB).

As mudanças políticas que ocorreram na década de 1990, incluindo a maior abertura externa, a desregulamentação dos mercados e as novas políticas públicas para o

setor agrícola, fizeram com que esse setor passasse a operar dentro de uma estrutura mais competitiva. Em outros termos, tais mudanças expuseram o setor a mais concorrência, tanto interna como externamente. Isso levou a uma tendência geral de aumento de produtividade agrícola e redução de custos (REZENDE, 2003).

Segundo Alvim (2003), as mudanças estruturais ocorridas na economia brasileira, a partir da década de 1990, contribuíram para a formação de um novo ambiente competitivo e repercutiram, intensamente, no sistema agroindustrial brasileiro. Este passou a: i) adotar novas formas de organização; ii) utilizar novos mecanismos impulsionadores de bases de competitividade e rentabilidade; iii) obter maiores ganhos de produtividade por meio da maior eficiência na coordenação dos recursos produtivos, o que pode garantir um bom posicionamento no mercado.

1.3.2 A produção agrícola entre as regiões brasileiras

O crescimento da produção agrícola no Brasil se dava, basicamente, até a década de 50, por conta da expansão da área cultivada. A partir da década de 60, o uso de máquinas, adubos e defensivos químicos, passou a ter, também, importância no aumento da produção agrícola. De acordo com os parâmetros da “Revolução Verde”, incorporou-se um pacote tecnológico à agricultura, tendo a mudança da base técnica resultante passado a ser conhecida como modernização da agricultura brasileira (SANTOS, 1986).

O processo de modernização intensificou-se a partir dos anos 70, quando houve, de acordo com dados da Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, um aumento de mais de 1.000% no número de tratores utilizados, em relação à década de 50, chegando este incremento a 6.512% na década de 80, e um aumento de 254% e 165%, respectivamente, no uso de arados a tração animal e nas colheitadeiras, nos anos 80, também em relação à década de 50. A utilização de adubos químicos também se intensificou no Brasil, na década de 70, atingindo um incremento de 1.380%, entre 1965 e 1980, o mesmo ocorrendo com o uso de defensivos, que aumentou 377% neste mesmo período, com destaque para a utilização de herbicidas, que cresceu mais de 8.000%, segundo informações colhidas no Sindicato das Indústrias de Adubos e Corretivos de Estado de São Paulo. Além da mudança na base técnica no campo, surgem, nos anos 70, como produto da modernização agrícola, os complexos

agroindustriais representando a integração técnica entre a indústria que produz para a agricultura e a agroindústria.

Entender, portanto, a modernização da agricultura brasileira como uma simples mudança da base técnica é simplificar, em muito, o seu significado. É importante levar em consideração que a agricultura brasileira sempre se apresentou, ao longo da sua história, subordinada à lógica do capital, sendo um setor de transferência de riquezas. Assim sendo, dentro do seu processo de modernização deve-se dar significado maior à sua transnacionalização e à sua inserção na divisão internacional do trabalho ou, ainda, à penetração do modo de produção capitalista no campo brasileiro (AGUIAR, 1986).

O processo de modernização da agricultura brasileira está intimamente ligado à fase conclusiva do processo de substituição de importações – a internalização de indústrias produtoras de bens de capital e de insumos modernos - ou seja, a entrada no país de multinacionais produtoras de tratores, fertilizantes, herbicidas etc. O maior incremento no seu uso coincide justamente com a entrada dessas empresas no país. A partir de então, o desenvolvimento da agricultura não pode mais ser visto como autônomo. A dinâmica industrial passou a comandar, definitivamente, o desenvolvimento da agricultura, convertendo-a num ramo industrial, que compra insumos e vende matérias-primas para outros ramos industriais (MARTINE, 1990).

É por ter sido um processo integrado ao movimento mais amplo do capital, que se deu, à modernização da agricultura, um caráter imediatista, voltado para o aumento da produtividade no curto-prazo. Buscou-se, cada vez mais, minimizar os riscos e maximizar o controle do homem sobre a natureza aumentando, reproduzindo, artificialmente, as condições da natureza. Além disso, o processo de modernização foi orientado para a modernização do latifúndio, para os grandes proprietários, potenciais compradores dos produtos industriais cuja produção se instalara no Brasil tendo, como base, os complexos agroindustriais, que tinham como função maior o direcionamento da produção para o mercado externo.

Diante do exposto e tendo em vista as leis excludentes do capitalismo, não se pode pensar em um processo homogêneo de modernização da agricultura. O capital, ao ser introduzido no campo, reproduziu suas diferenças, gerando um processo de modernização heterogêneo, excludente e parcial. A modernização agrícola concentrou-se nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil e na monocultura de produtos exportáveis, como soja e cana-de-açúcar, deixando à margem 3 – 9 regiões mais pobres, Norte e Nordeste, onde predominam os pequenos produtores e a policultura alimentar.

1.4 As principais características da Agricultura Permanente

1.4.1 Agricultura permanente e temporária no Brasil

Para Crepaldi (2011), culturas temporárias são aquelas sujeitas ao replantio a cada colheita. Elas são arrancadas do solo para que seja feito novo plantio, como é o caso do milho, da soja, do feijão, do alho, entre outras. Esse tipo de cultura, conforme Marion (2010), também, é conhecida como anual.

As culturas permanentes diferem-se das temporárias. Na visão de Crepaldi (2011), as culturas permanentes são aquelas que propiciam várias colheitas, sem a necessidade de serem replantadas. Como exemplo de cultura permanente, temos os pomares. Marion (2010, p. 16) coloca que “normalmente atribui-se às culturas permanentes uma duração mínima de quatro anos” e que dentro do seu ponto de vista basta que a cultura tenha duração de mais de um ano e que propicie mais de uma colheita para ser considerada permanente.

Quadro 01 – Alguns dos principais produtos das lavouras permanentes

Abacate	Coco-da-baía (1)	Maracujá
Algodão arbóreo (em caroço)	Manga	Maçã
Azeitona	Uva	Laranja
Banana	Pêssego	Goiaba

Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Agropecuária, Produção Agrícola Municipal 2012

Quadro 02 – Alguns dos principais produtos das lavouras temporários

Arroz (em casca)	Feijão (em grão)	Tomate
------------------	------------------	--------

Aveia (em grão)	Girassol (em grão)	Fumo (em folha)
Batata-doce	Melancia	Malva (fibra)
Cebola	Trigo (em grão)	Cevada (em grão)

Fonte: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Agropecuária, Produção Agrícola Municipal 2012

1.4.2 As previsões dos impactos das mudanças climáticas para o Brasil

Assad e Pinto (2008) preocuparam-se em estudar os impactos das mudanças climáticas na geografia da produção agrícola no Brasil. Suas principais conclusões foram que o aumento nos níveis de temperatura decorrentes do processo de aquecimento global poderia provocar perdas nas safras de grãos, já em 2020, de aproximadamente R\$ 7,4 bilhões. No que se referem as culturas agrícolas, constatou-se que “a mandioca pode desaparecer do semiárido, e o café terá poucas condições de sobrevivência no sudeste”. As consequências serão, caso não haja programas de mitigação, a migração de culturas agrícolas para a região sul do país, pois essa deve, provavelmente, “experimentar uma redução de geadas” (ASSAD; PINTO, 2008).

Outros trabalhos técnicos ou relatórios governamentais também expõem evidências dos prejuízos trazidos para economia regional do Nordeste e também para todo o Brasil. Segundo o relatório Economia da Mudança Climática (2010), estima-se que em anos de seca as perdas somem entre 719 bilhões e 3,6 trilhões de reais, até 2050.

Economia da Mudança... (2010) constatou que sem a mudança do clima, o PIB brasileiro seria, em 2050, aproximadamente R\$ 16 trilhões, mas, caso sejam efetivas as mudanças projetadas para o clima, esse valor poderá ter reduções de 0,5% até 2.3%. Esse estudo também realizou prognósticos para os recursos hídricos, a produção agrícola e o padrão do uso da terra, bem como para a biodiversidade da floresta amazônica e para a zona costeira.

A vantagem de estudos como esse, reside, exatamente, nas minuciosas informações que foram segregadas por setores e regiões. As aplicações para a economia brasileira foram realizadas por Féres, Reis e Speranza (2007), que, de acordo com o proposto por Deschênes et al. (2007), buscaram analisar o impacto das mudanças

climáticas na lucratividade do setor agrícola brasileiro através do uso de um modelo de efeitos fixos. Os resultados desse trabalho mostraram que os efeitos das mudanças no clima serão muito heterogêneos nas diferentes regiões do país e, no período de 2070-2099, a lucratividade agrícola nacional poderá se reduzir em aproximadamente 26%.

METODOLOGIA

1.5 Abordagem do problema

Com o intuito de buscar associar as mudanças nas variáveis climáticas e as possíveis variáveis afetadas pelo aquecimento global com a produtividade das principais culturas permanente do estado de Pernambuco, será utilizado a modelagem econométrica de regressão em painel. O painel construído engloba os municípios pernambucanos produtores, abrangendo onze períodos ao longo dos anos de 2002 a 2012.

Na primeira subseção deste capítulo, apresentam-se as estações de medição das variáveis climáticas do estado, assim como a identificação dos municípios que serão relacionados a cada uma dessas estações. Na segunda subseção, explica-se a aplicação do método de regressão de dados em painel. E finalmente na terceira subseção, fala-se sobre os dados utilizados na pesquisa.

1.6 As Estações de Medição

O INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) mantém 8 estações de medição de variáveis climáticas em Pernambuco, sendo estas: Petrolina, Ouricuri, Cabrobó, Triunfo, Arcoverde, Garanhuns, Surubim e Curado, conforme indicado na FIGURA 01.

Como os dados são municipais e há apenas 8 estações para o estado como um todo, foi necessário agrupar os municípios em torno das estações mais próximas. Para isso foi utilizada a distância fornecida pelo Google maps. O QUADRO 03 traz as estações e os municípios associados pela metodologia especificada.

As Estações de que trata esta subseção são as Estações Meteorológicas de Observação de Superfície Convencional do INMET. Cada uma destas estações é composta:

“de vários sensores isolados, que registram continuamente os parâmetros meteorológicos (pressão atmosférica, temperatura e umidade relativa do ar, precipitação, radiação solar, direção e velocidade do vento, etc), que são lidos e anotados por um observador a cada intervalo e este os envia a um centro coletor por um meio de comunicação qualquer”¹.

FIGURA 01 – Estações do INMET em Pernambuco



Fonte: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>

QUADRO 03 – Estações e municípios relacionados do estado de Pernambuco

Código	Nome da Estação	Municípios
82983	Petrolina	Dormentes, Lagoa Grande, Santa Maria da Boa Vista.
82753	Ouricuri	Araripina, Bodocó, Exú, Ipubi, Moreilândia, Ouricuri, Santa Cruz, Santa Filomena, Cedro, Itacuruba.
82886	Cabrobó	Mirandiba, Salgueiro, Serrita, Verdejante, Cabrobó, Orocó, Terra Nova, Belém de São Francisco, Carnaubeira da Penha, Floresta, Petrolândia, Tacatatu.
82789	Triunfo	Belmonte, São Jose do Egito, Afogados da Ingazeira, Brejinho, Calumbi, Carnaíba, Flores, Iguaraci, Ingazeira, Itapetim, Quixabá, Santa Cruz da Baixa Verde, Santa Terezinha, São José do Egito, Serra Talhada, Solidão, Tabira, Tuparatema, Betânia.
82890	Arcoverde	Custódia, Ibimirim, Inajá, Jatobá, Águas Belas, Buíque, Tupanatinga, Alagoinha, Belo Jardim, Jataúba, Pesqueira, Poção, Sanharó.
82893	Garanhuns	Angelim, Bom Conselho, Brejão, Canhotinho, Correntes, Jupi, Jurema, Lagoa do Ouro, Palmerinha, Paranatama, Saloá, São João, Terezinha, Agrestina, Altinho, Cupira, Lagoa dos Gatos, Panelas Jaqueira, Maraial, Quipapá, São Benedito do Sul, Capoeira, Caetés, Calçado, Pesqueira, Cachoeira.
82797	Surubim	Bezerros, Brejo da Madre de Deus, Caruaru, Gravatá, Riacho das almas, São Caetano, Taquaritinga, Vertentes,

¹ De acordo com informação do site <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>.

		Bom Jardim, Feira Nova, João Alfredo, Limoeiro, Machados, Orobó, Passira, Salgadinho, São Vicente Ferrer, Barra de Guabiraba, Bonito, Camocim de São Felix, Saíre, São Joaquim do Monte, Aliança, Buenos Aires, Camutanga, Carpina, Ferreiros, Lagoa do Carro, Lagoa de Itaenga, Macaparana, Nazaré da Mata, Timbaúba, Vicência, Jataúba.
82900	Curado	Condado, Goiana, Itambé, Itaquitinga, Paudalho, Tracunhaém, Chá Grande, Chá de Alegria, Pombos, Vitória de Santo Antão, Água Preta, Amaraji, Bezerros, Recife, Belém de Maria, Catende, Cortês, Escada, Gamileira, Joaquim Nabuco, Palmares, Primavera, Ribeirão, Rio Formoso, São José da Coroa Grande, Sirinhaém, Tamandaré, Xexéu, Araçoiaba, Igarassu, Abreu e Lima, Camaragibe, Jaboatão dos Guararapes, Moreno, Olinda, Paulista, São Lourenço da Mata, Cabo de Santo Agostinho, Ipojuca.

Fonte: Elaboração própria de acordo com metodologia descrita.

1.7 Análise de Dados em Painel

Este método combina dados de corte transversal com séries temporais. O primeiro descreve os valores mostrados de uma ou mais variáveis no mesmo período para várias unidades amostrais. Já no segundo, os valores de uma ou mais variáveis são apresentados ao longo do tempo para um mesmo indivíduo (GUJARATI, 2006). Assim, os dados se apresentam com dimensões espaciais e temporais.

Modelos de dados em painel permitem controlar por variáveis não observáveis que sejam correlacionadas com as variáveis explicativas, desde que tais variáveis não-observáveis sejam constantes ao longo do tempo. Neste cenário, os estimadores de dados em painel possibilitam estimar de maneira consistente o efeito das variáveis explicativas.

Sonaglio et al. (2010) apontam algumas vantagens dessa técnica. Segundo eles, através dela é possível captar a heterogeneidade entre as microunidades, diminuindo o viés da estimativa. Há também um aumento da eficiência das estimativas, ao permitir estimativas mais robustas aos problemas de multicolinearidade, e uma captação da dinâmica do comportamento delas no cenário econômico.

Mas é preciso ressaltar que a utilização do modelo pode trazer alguns problemas (BRITO ET AL., 2007). O decorrente do corte transversal é a

heteroscedasticidade do termo erro, podendo ocorrer que a variância do termo erro seja maior com o tamanho das amostras. No caso das séries temporais, o termo do erro das diversas observações está correlacionado ao longo da série.

A equação básica da análise em painel tem a forma da EQUAÇÃO 1.

$$Y_{it} = \beta_{1it} + \beta_{2it}X_{2it} + \beta_{3it}X_{3it} + \dots + \beta_{kit}X_{kit} + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

Na EQUAÇÃO 1, Y_{it} representa a variável dependente do estudo, sendo esta a produtividade agrícola. O subscrito it indica que a variável é acompanhada ao longo do tempo para cada indivíduo, configurando o painel. β_1 é o intercepto do modelo, β_2 à β_k referem-se aos parâmetros que vão ser estimados correspondentes às variáveis independentes, X_{it} representa as variáveis utilizadas como controle, e ε_{it} corresponde ao erro aleatório do modelo.

Entretanto, conforme determina Marques (2000, p.6), se neste modelo houver mais coeficientes a serem estimados do que o número de observações, tal modelo se torna “inestimável”, de forma que se será “necessário conferir-lhe uma estrutura”. O três pressupostos tradicionais das análises de regressão de análises de *cross section* ou de séries temporais são relativos às variáveis explicativas; aos termos de perturbação; e à relação estatística entre eles. O pressuposto específico para análises de dados em painel são relativos à variabilidade dos coeficientes.

Marques (2004) salienta que, num modelo estático, assume-se que as variáveis explicativas são independentes dos termos de perturbação e que a heterogeneidade está nos coeficientes de regressão. Estes podem variar no tempo, de indivíduo para indivíduo, ou na estrutura dos termos de perturbação.

Para análises estáticas, são dois os modelos mais comumente utilizados na estimação dos parâmetros, o de efeitos fixos e o de efeitos aleatórios.

O modelo de efeitos fixos supõe que:

$$\beta_{1it} = \beta_{1i} \quad \beta_{2it} = \beta_2 \quad \dots \quad \beta_{kit} = \beta_k$$

Ou seja, somente o intercepto varia entre as unidades de corte transversal. Assim a equação original tomará a seguinte forma:

$$Y_{it} = \beta_{1i} + \beta_2 X_{2it} + \beta_3 X_{3it} + \dots + \beta_k X_{kit} + \varepsilon_{it}$$

Este modelo admite que os erros sejam independentes e que tenham distribuição $N(0, \sigma^2)$ para todas as unidades e em todos os períodos de tempo. Dessa forma, o efeito específico por indivíduo é uma variável aleatória, podendo esta ser correlacionada com as variáveis explicativas do modelo. Assim, todas as diferenças de comportamento entre as unidades e ao longo do tempo são modeladas pelo intercepto. Ele é estimado usando o Método dos Quadrados Ordinários (MQO).

O modelo de efeitos aleatórios considera que o intercepto varia de uma unidade para outra, mas não ao longo do tempo ($\beta_{1it} = \beta_{1i}$), e que os coeficientes angulares são constantes ($\beta_{2it} = \beta_2, \dots, \beta_{kit} = \beta_k$) para todas as unidades e períodos de tempo. O modelo de efeitos fixos trata o intercepto como um parâmetro fixo e desconhecido, enquanto o de efeitos aleatórios trata-o como variável aleatória, não correlacionada com as variáveis explicativas do modelo.

O modelo de efeitos aleatórios é representado por:

$$Y_{it} = \bar{\beta}_1 + \beta_2 X_{2it} + \beta_3 X_{3it} + \dots + \beta_k X_{kit} + v_{it}$$

Em lugar de β_{1i} como fixo, o modelo acima supõe $\bar{\beta}_1$, sendo este o valor médio de β_{1i} , tal que $\beta_{1i} = \bar{\beta}_1 + \mu_i$. Deste modo, neste caso, o termo do erro, v_{it} , é dividido em dois componentes: o erro global, ε_{it} , e o erro específico, μ_i . Este último captura as diferenças entre os membros do corte e varia com as unidades, mas é estacionário, ou seja, constante no tempo. O termo do erro terá média nula e é homoscedástico, ou seja, a sua variância é constante. Além disso, os erros da mesma unidade em tempos distintos são correlacionados e os erros de unidades diferentes são não correlacionados. Assim como há correlação entre os erros de mesma unidade, o método que dará os melhores estimadores é o de Mínimos Quadrados Generalizados (MQG).

Para escolher entre os dois modelos deve-se realizar um teste, sendo que o mais utilizado tem sido o teste de Hausman (HAUSMAN, 1978). Esse teste de especificação

avalia a consistência de um estimador comparado a outro estimador alternativo, no caso entre o modelo de efeitos fixos e o de efeitos aleatórios.

A hipótese nula desse teste considera que não há correlação dos regressores com o termo do erro, assim os dois estimadores são consistentes. A hipótese alternativa afirma, entretanto, que apenas um deles é consistente. Desse modo, o teste pretende examinar a diferença entre os estimadores e essa diferença é um vetor que converge em probabilidade para zero apenas sob a hipótese nula. Este teste segue uma distribuição chi-quadrada (χ^2). Se a hipótese nula for rejeitada, conclui-se que o modelo de efeitos aleatórios não é adequado e que é preferível utilizar o modelo de efeitos fixos, senão os coeficientes serão viesados, sendo as inferências condicionadas ao erro na amostra. Se a hipótese nula não for rejeitada, é melhor utilizar o modelo de efeitos aleatórios, uma vez que este é mais eficiente sob H_0 . (GUJARATI, 2006).

1.8 Dados

No caso em estudo, a variável dependente será representada pela produtividade física da atividade agrícola. Esta é representada pelo resultado da divisão da produção total do município relativo ao produto de interesse pela área colhida neste mesmo município. Ela está disponível na PAM (Produção Agrícola Municipal) do IBGE, podendo ser encontrada *online* no Portal deste órgão do Governo Federal, com o nome de rendimento.

Os produtos da agricultura permanente que foram observados foram uva, manga, banana, e coco, que juntos representam mais de 90% do valor da agricultura permanente do estado, entre os anos de 2002 e 2012.

Os dados de área plantada e preço também foram retirados da PAM do IBGE. O primeiro refere-se a uma unidade física representativa da área destinada à colheita do produto em questão. O preço refere-se a uma variável monetária e foi obtido a partir da divisão entre o valor total obtido pela colheita e a produção total. Para estes dois espera-se uma relação positiva, significando que quanto maior a área plantada maior a produtividade e quanto maior o preço maior também a produtividade.

As variáveis do clima consideradas neste trabalho foram: níveis de insolação mensal, número de dias com precipitação no ano e temperatura máxima. Todas estas

variáveis estão disponíveis por Estação para o período em análise em um Banco de Dados do INMET, o BDMEP. O acesso a este banco de dados também se dá através da internet.

RESULTADOS

Os resultados serão apresentados em 4 subseções. Na primeira traz-se a estatística descritiva dos dados para cada um dos quatro produtos estudados; enquanto que na segunda, apresenta-se a evolução das variáveis do clima no estado, dividindo-o em 8 microregiões. A terceira subseção traz os ajustes estatísticos dos modelos e a quarta subseção traz os resultados dos modelos econométricos para cada um dos produtos estudados.

1.9 A estatística descritiva dos dados

As TABELAS 01 a 04 trazem os resultados das estatísticas descritivas da variável dependente e das variáveis de controle para os cultivos de Uva, Manga, Banana e Coco, respectivamente.

TABELA 01 – Estatística descritiva dos dados da produção de Uva.

	Varição	Média	Std. Dev.	Mínima	Máxima	Observações
AP	Total	556.6147	1119.371	↓	4800	N = 109
	Intervalo		1074.667	1.5	3604.818	n = 11
	Limite		327.5805	-	1008.204	T-bar = 9.90909
Rend	Total	22576.06	10431.41	5000	40000	N = 109
	Intervalo		10649.85	7666.667	38571.43	n = 11
	Limite		3797.75	11666.96	35303.33	T-bar = 9.90909
Preo	Total	1.521397	.5866584	.1666667	2.8	N = 109
	Intervalo		.4263542	.9125	2.092466	n = 11
	Limite		.4235744	.7669931	2.703897	T-bar = 9.90909
Ins	Total	243.3637	15.87232	209.9364	282	N = 109
	Intervalo		13.57856	223.959	256.7273	n = 11
	Limite		9.529312	227.7945	268.6364	T-bar = 9.90909
Prec	Total	80.48624	45.43934	22	200	N = 109
	Intervalo		43.84231	47.54545	151.6364	n = 11
	Limite		17.36555	44.84987	128.8499	T-bar = 9.90909
Tmax	Total	31.78197	1.157305	29.25463	33.3845	N = 109
	Intervalo		1.168333	29.90328	32.68818	n = 11
	Limite		.3264939	31.04844	32.47828	T-bar = 9.90909
Tmed	Total	26.15651	1.271037	23.58527	27.89599	N = 109
	Intervalo		1.299448	24.12646	27.03849	n = 11
	Limite		.279039	25.61532	27.03193	T-bar = 9.90909
Tmn	Total	21.64811	.9644577	19.89558	22.73797	N = 107
	Intervalo		.9037531	20.27709	22.30005	n = 11
	Limite		.4070196	20.36019	22.08603	T-bar = 9.72727

Fonte: resultado da aplicação do modelo.

TABELA 02 - Estatística descritiva dos dados da produção e clima de Manga.

	Varição	Média	Std. Dev.	Mínima	Máxima	Observações
AP	Total	164.882	930.8022	↓	8160	N = 610
	Intervalo		506.7759	5.1	2930	n = 61
	Limite		800.0639	-	2755.118	7290.082 T-bar = 10
Rend	Total	8032.964	7374.951	500	30000	N = 610
	Intervalo		5339.124	2140.091	19900	n = 61
	Limite		5187.499	-	9667.036	32169.74 T-bar = 10
Preo	Total	.4081793	.2530352	0	1.8	N = 610
	Intervalo		.1206242	.2005582	.6452963	n = 61
	Limite		.2226585	∞	.0954823	1.605532 T-bar = 10
Prec	Total	128.2832	59.58709	22	238	N = 671
	Intervalo		55.84097	47.54545	216.6364	n = 61
	Limite		21.88488	81.46498	179.0104	T = 11
Tmax	Total	29.84768	2.117632	25.75731	33.97172	N = 671
	Intervalo		2.079256	26.54741	32.5947	n = 61
	Limite		.4749632	29.05758	31.22471	T = 11
Tmed	Total	24.59521	2.177071	20.56267	27.89599	N = 671
	Intervalo		2.171324	21.10862	27.03849	n = 61
	Limite		.3087993	24.04009	25.47063	T = 11
Tmn	Total	20.73388	4.270725	16.25467	95.25	N = 671
	Intervalo		1.830133	17.01621	23.94046	n = 61
	Limite		3.865191	13.04809	92.04342	T = 11

Fonte: resultado da aplicação do modelo.

Tabela 03 - Estatística descritiva dos dados da produção e clima de Banana.

	Varição	Média	Std. Dev.	Mínima	Máxima	Observações
AP	Total	255.2338	721.0375	1	7795	N = 1309
	Intervalo		314.4083	6.2	1585.444	n = 132
	Limite		652.2193	1325.211	7102.416	T-bar = 9.91667
Rend	Total	8997.173	5029.568	300	46000	N = 1309
	Intervalo		3090.193	3837.5	18297.38	n = 132
	Limite		4017.852	1275.554	42723.67	T-bar = 9.91667
Preo	Total	.3107317	.1565481	0	1.274306	N = 1309
	Intervalo		.0804281	.1310837	.4960093	n = 132
	Limite		.1347439	.0037879	1.312803	T-bar = 9.91667
Prec	Total	144.4449	59.44206	22	238	N = 1452
	Intervalo		55.67363	47.54545	216.6364	n = 132
	Limite		21.33464	97.62672	195.1722	T = 11
Tmax	Total	29.76804	1.712664	25.75731	33.97172	N = 1452
	Intervalo		1.661754	26.54741	32.5947	n = 132
	Limite		.4368342	28.97794	31.14506	T = 11
Tmed	Total	21.54819	8.709666	16.25467	95.25	N = 1452
	Intervalo		1.59287	18.33698	23.94046	n = 132
	Limite		8.563792	13.8624	92.85773	T = 11
Tmn	Total	24.63062	2.066062	13.63636	52.72727	N = 1452
	Intervalo		1.873553	21.10862	29.37506	n = 132
	Limite		.8846495	12.44565	47.98284	T = 11

Fonte: resultado da aplicação do modelo.

Tabela 04 - Estatística descritiva dos dados da produção e clima de Coco.

	Varição	Média	Std. Dev.	Minima	Máxima	Observações
AP	Total	134.0489	375.4355	1	2800	N = 1064
	Intervalo		181.0942	3.111111	814.4444	n = 106
	Limite		330.0328	622.3148	2578.924	T-bar = 10.0377
Rend	Total	9314.834	8202.258	1000	46000	N = 1064
	Intervalo		4042.006	2909.091	21121	n = 106
	Limite		7144.983	7640.166	39221.92	T-bar = 10.0377
Preo	Total	.3757184	.1251678	.08	1.166667	N = 1064
	Intervalo		.055319	.2019364	.4708995	n = 106
	Limite		.1122211	.0416994	1.128244	T-bar = 10.0377
Prec	Total	148.0626	60.09138	22	238	N = 1166
	Intervalo		56.42141	47.54545	216.6364	n = 106
	Limite		21.32892	101.2444	198.7899	T = 11
Tmax	Total	29.84062	1.699879	25.75731	33.97172	N = 1166
	Intervalo		1.653214	26.54741	32.5947	n = 106
	Limite		.4241856	29.05052	31.21765	T = 11
Tmed	Total	20.71426	1.925152	16.25467	22.73797	N = 1166
	Intervalo		1.906797	16.87798	22.35948	n = 106
	Limite		.3186578	19.42634	21.39903	T = 11
Tmn	Total	24.78082	1.855163	20.56267	27.89599	N = 1166
	Intervalo		1.841439	21.10862	27.03849	n = 106
	Limite					

Fonte: resultado da aplicação do modelo.

A variável dependente é a produtividade física da atividade agrícola (Rend), sendo esta dada pela divisão da produção total (em kilos) do município relativo ao produto de interesse pela área colhida (em hectares) neste mesmo município. Com base nos resultados acima, vale destacar que o cultivo com maior produtividade média foi o da uva, com média de 22.576 kilos/hectare, enquanto que o cultivo de menor produtividade foi o da manga, com 8.032 kilos/hectare.

Com base nas estatísticas descritivas, verifica-se ainda que o cultivo da uva se destaca por apresentar a maior área plantada, maior preço, maior temperatura média, bem como o menor período de precipitação. Tais características indicam uma maior tecnologia deste cultivo comparativamente aos outros cultivos permanentes analisados.

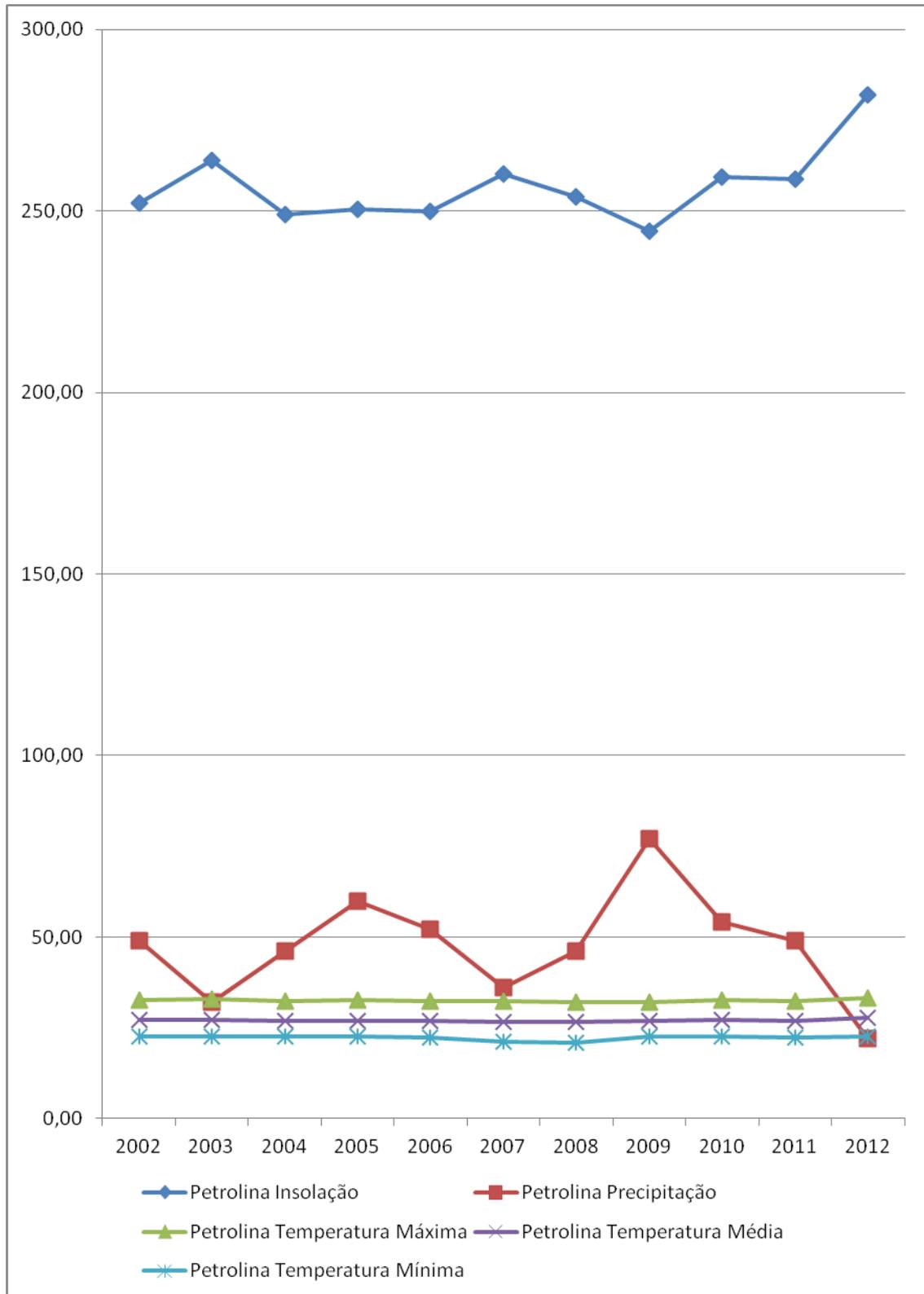
Paralelamente, o cultivo do coco foi o que apresentou menor área plantada média e menor temperatura média, enquanto que o cultivo da banana apresentou o menor preço médio.

1.10 A evolução climática do estado de Pernambuco

Os dados de insolação, precipitação, temperatura máxima e temperatura mínima estão expressos nos gráficos abaixo para cada uma das oito Estações do estado de Pernambuco: Petrolina, Ouricuri, Cabrobó, Arcoverde, Garanhuns, Surubim e Curado. O BDMEP fornece dados mensais, por isso os dados ora apresentados representam uma média daqueles observados no banco de dados. Estes dados geraram os gráficos presentes nos Gráficos 01 a 08 seguintes.

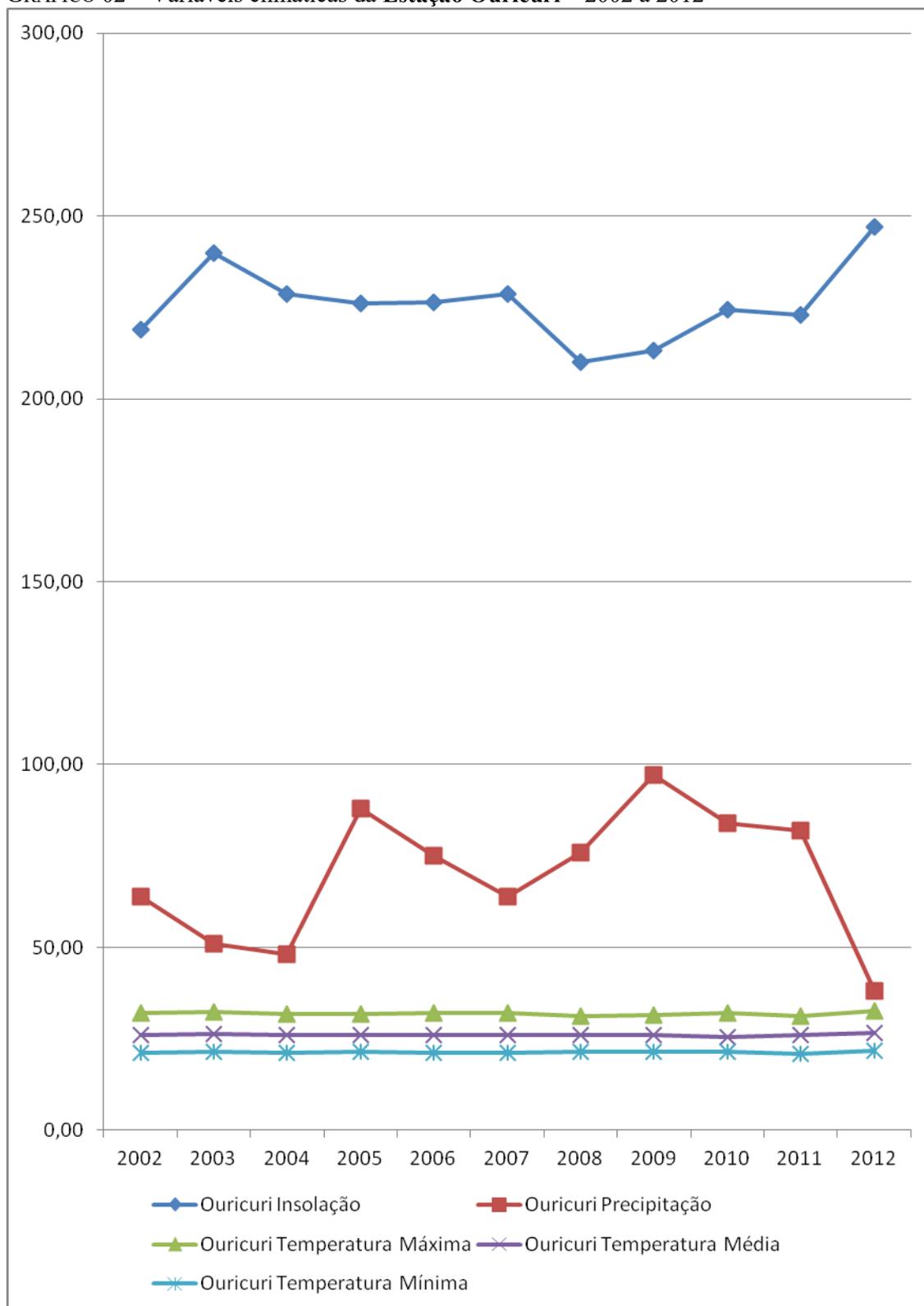
GRÁFICO 01 – Variáveis climáticas da Estação Petrolina – 2002 a

2012



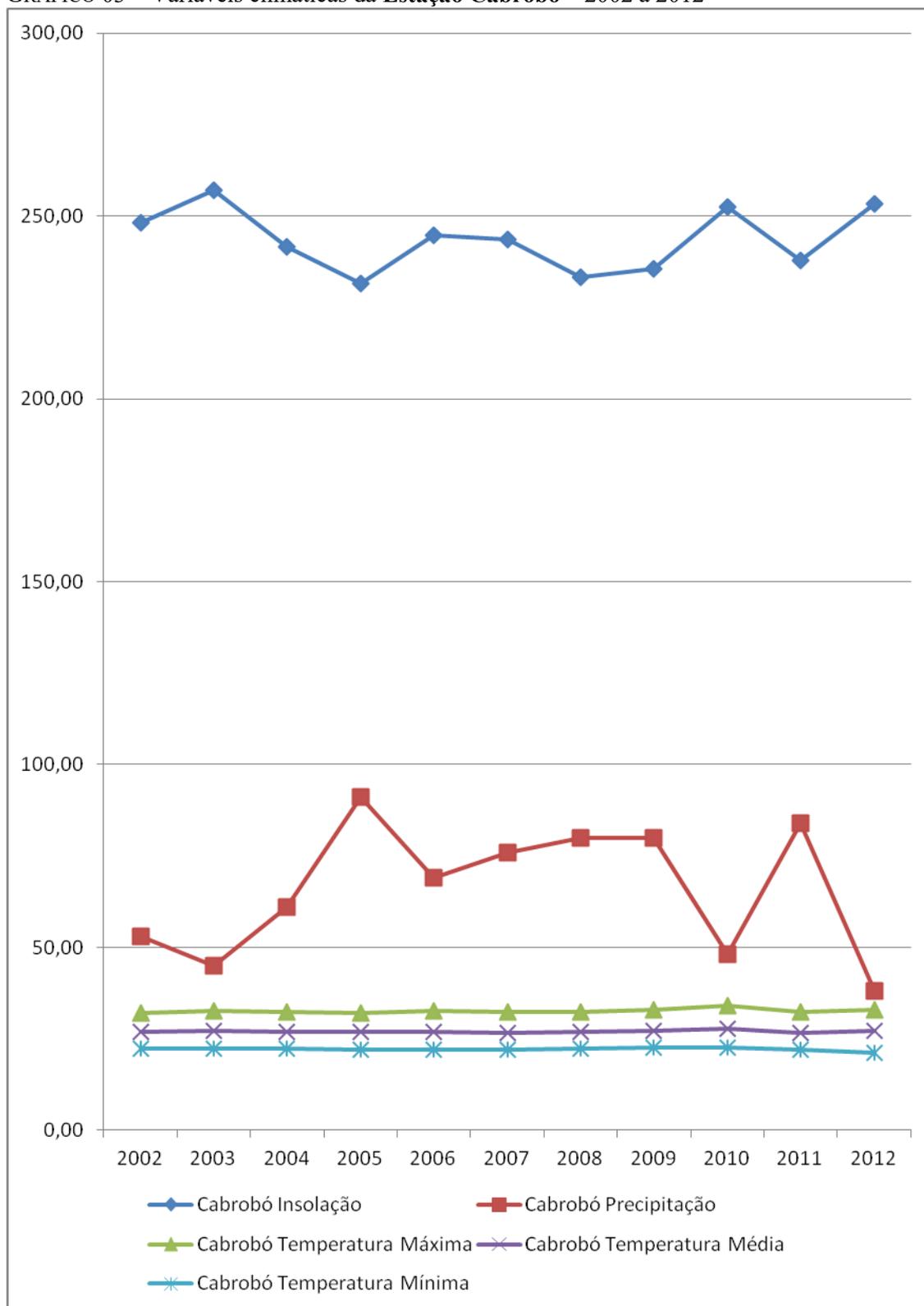
Fonte: elaboração própria com os dados do BDMEP.

GRÁFICO 02 – Variáveis climáticas da Estação Ouricuri – 2002 a 2012



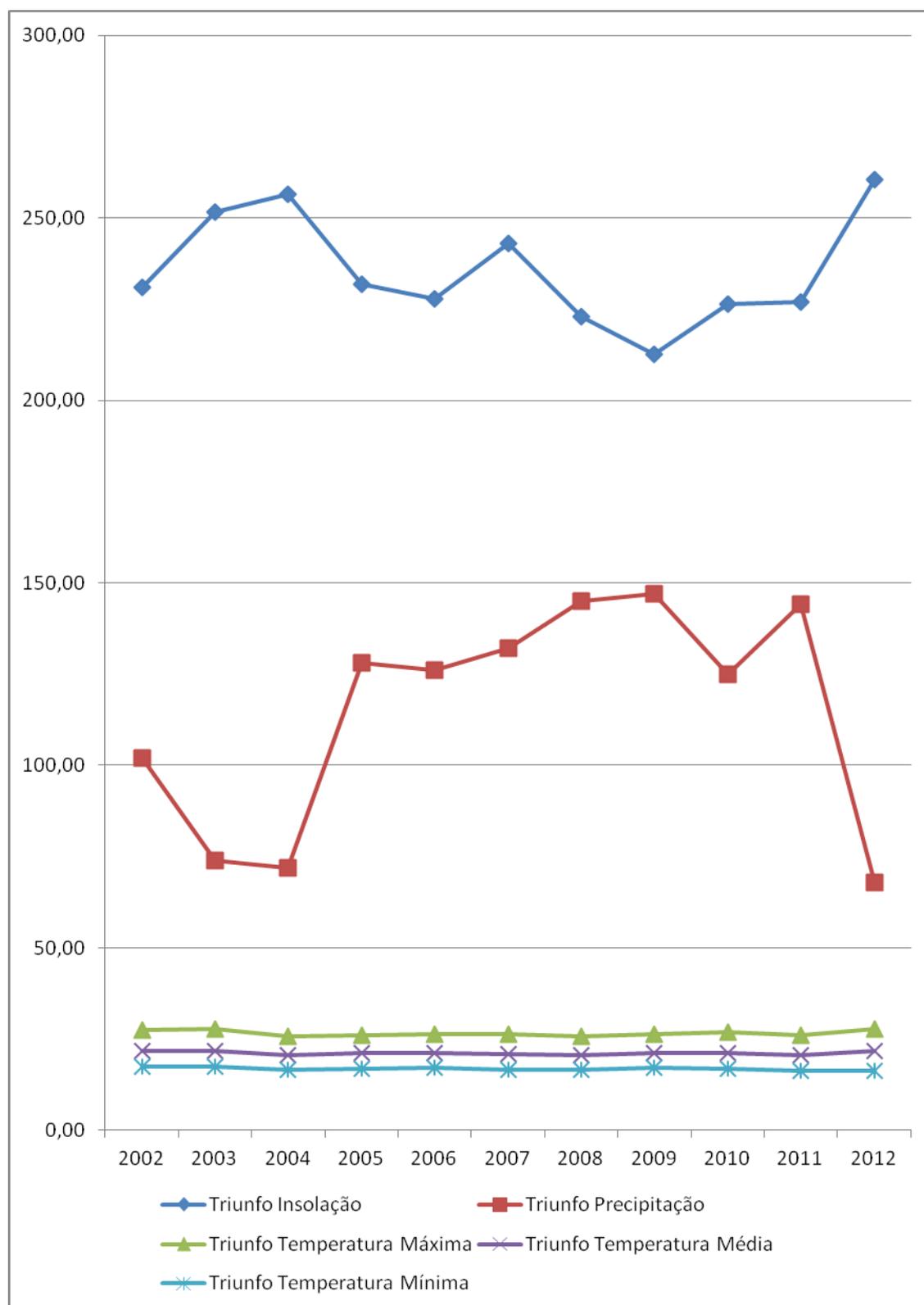
Fonte: elaboração própria com os dados do BDMEP.

GRÁFICO 03 – Variáveis climáticas da Estação Cabrobó – 2002 a 2012



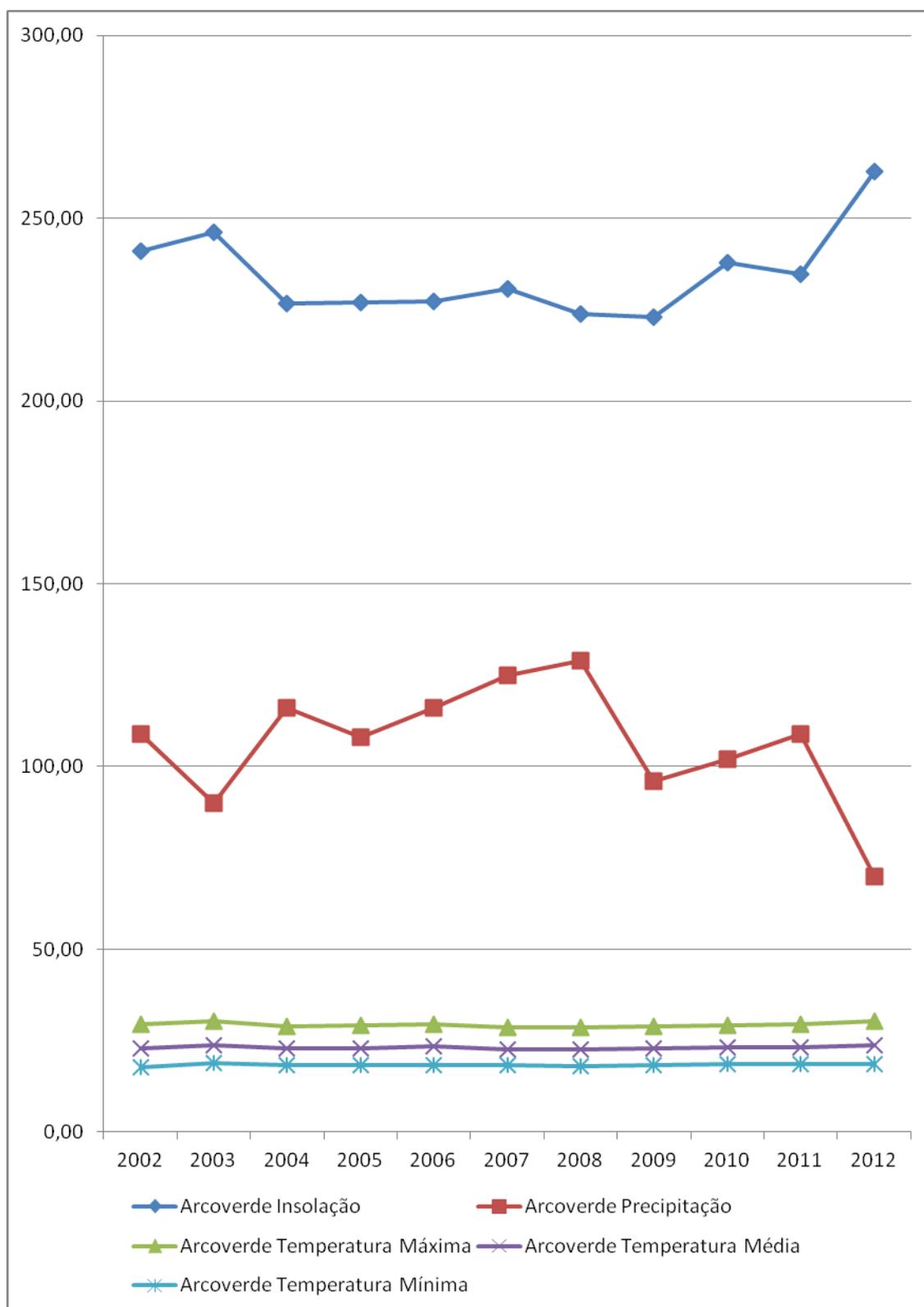
Fonte: elaboração própria com os dados do BDMEP.

GRÁFICO 04 – Variáveis climáticas da **Estação Triunfo** – 2002 a 2012



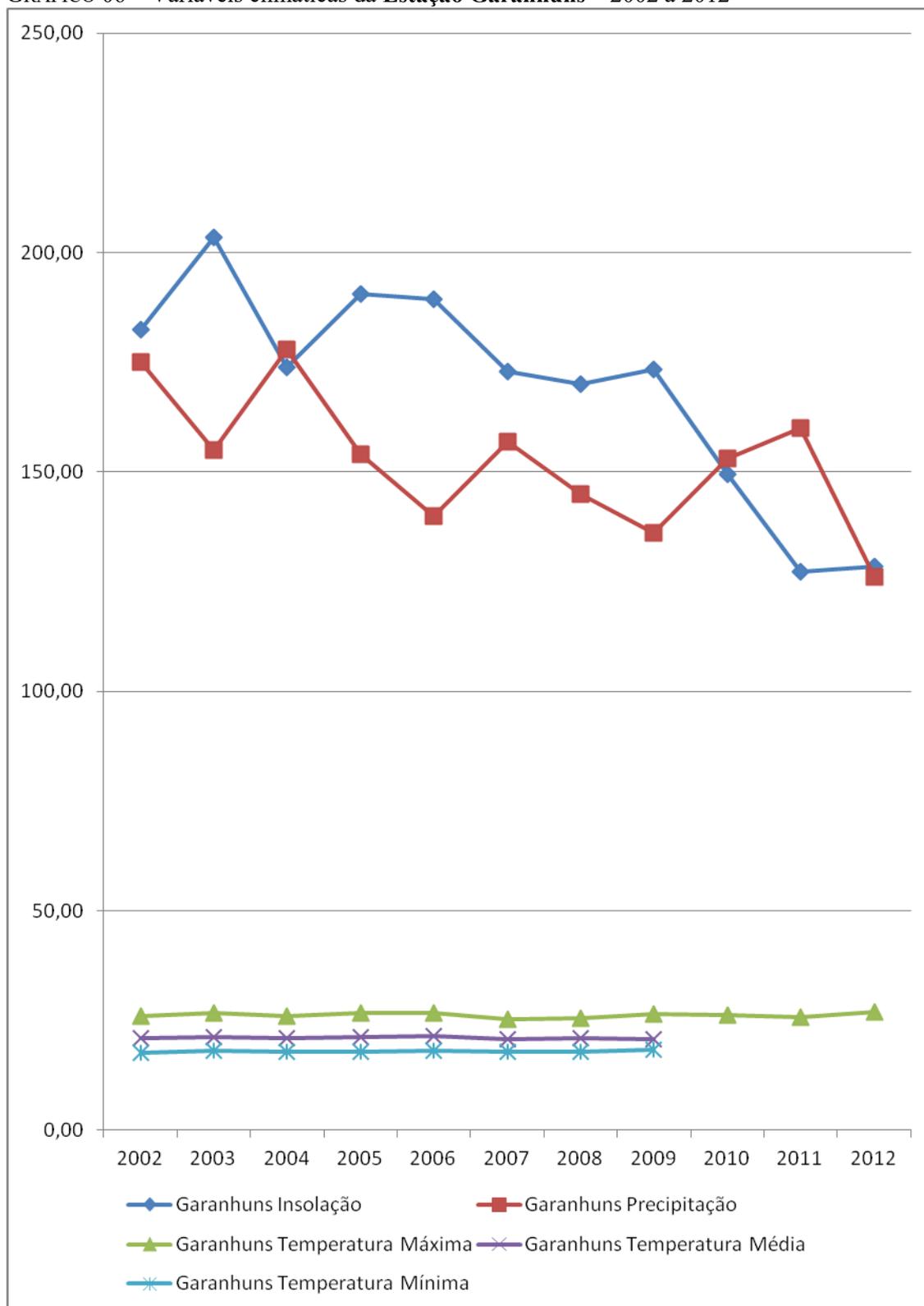
Fonte: elaboração própria com os dados do BDMEP.

GRÁFICO 05 – Variáveis climáticas da Estação Arcoverde – 2002 a 2012



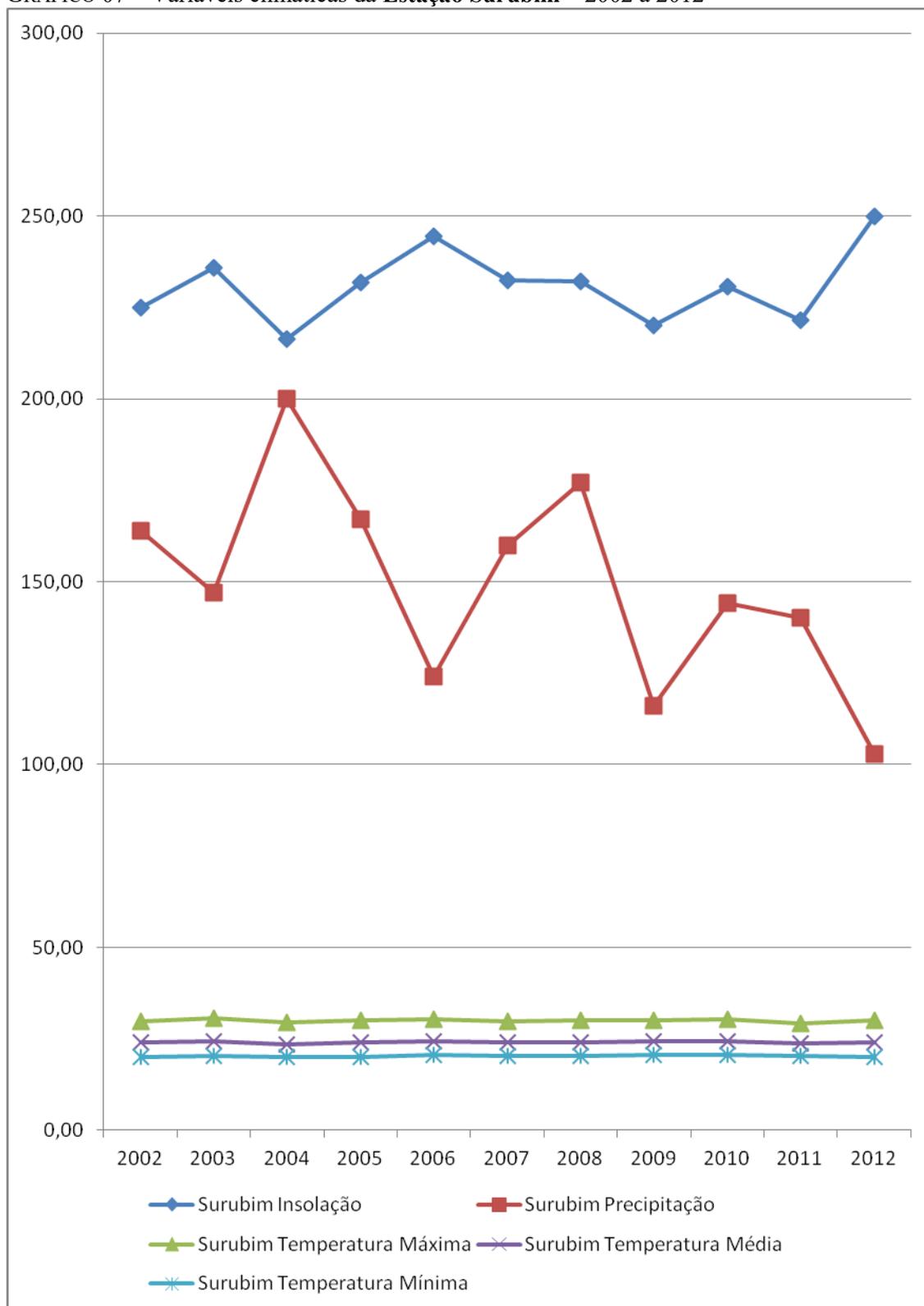
Fonte: elaboração própria com os dados do BDMEP.

GRÁFICO 06 – Variáveis climáticas da Estação Garanhuns – 2002 a 2012



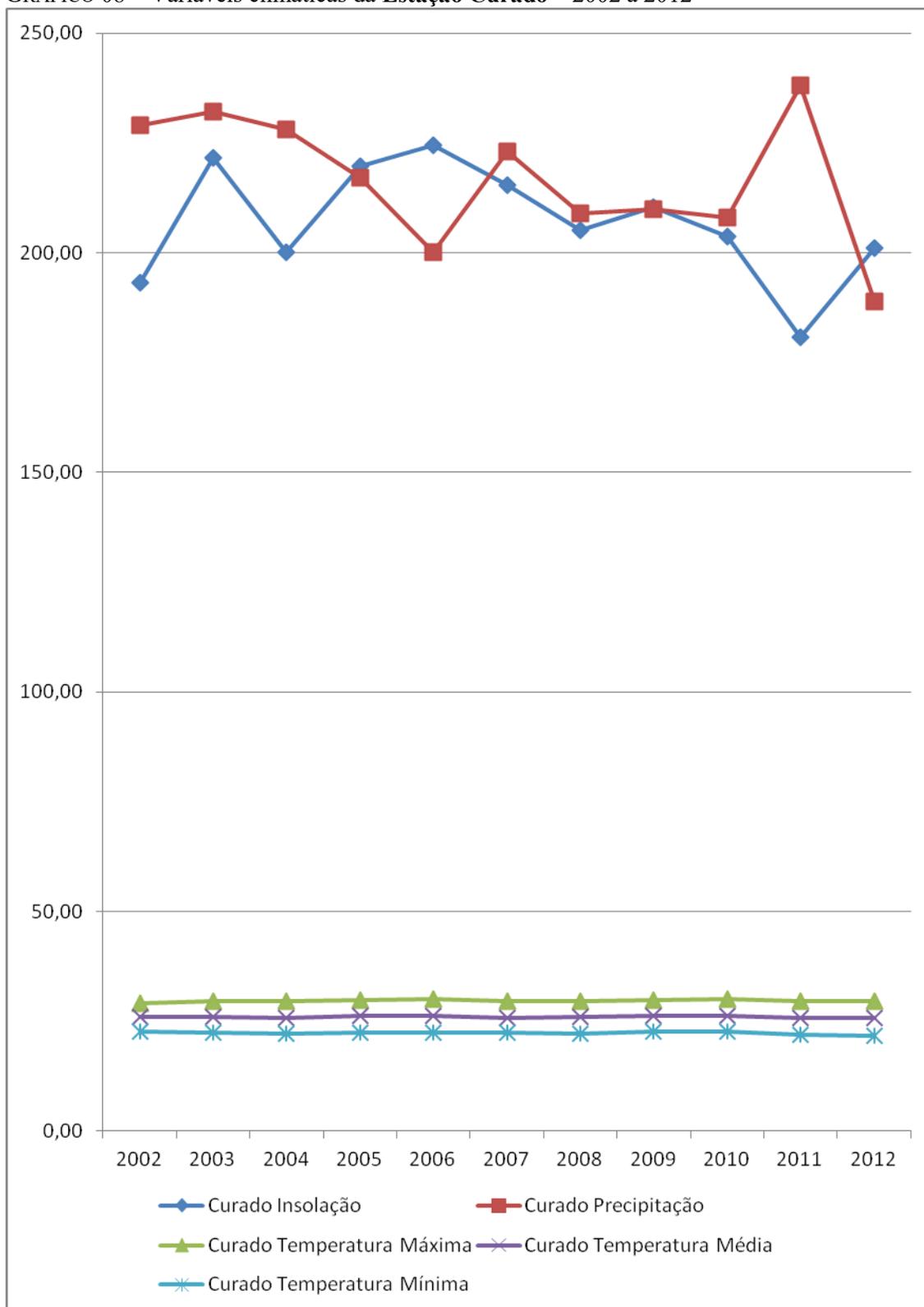
Fonte: elaboração própria com os dados do BDMEP.

GRÁFICO 07 – Variáveis climáticas da Estação Surubim – 2002 a 2012



Fonte: elaboração própria com os dados do BDMEP.

GRÁFICO 08 – Variáveis climáticas da Estação Curado – 2002 a 2012



Fonte: elaboração própria com os dados do BDMEP.

Dos gráficos apresentados acima, vale destacar, sobretudo, o comportamento das variáveis de insolação e precipitação. Enquanto em algumas localidades está discrepância é grande, como por exemplo na Estação de Petrolina, em outras localidades, os níveis dessas duas variáveis são mais próximos, como, por exemplo, nas estações Garanhuns e Curado. Verifica-se ainda a grande variação quanto ao nível apresentada pela variável de precipitação, tanto em relação ao longo do tempo, dentro de cada estação, quanto entre as diferentes estações. Tais situações tão diferentes geram uma maior variabilidade dos dados, permitindo estimar um efeito mais próximo ao real cenário pernambucano.

1.11 Escolha do Modelo: teste de Hausman

O teste de Hausman tem como objetivo definir qual o modelo de dados em painel é o mais adequado para cada tipo de cultivo permanente analisado (uva, manga, banana e coco), se o modelo de efeitos fixos ou aleatórios. As TABELA 05 a 08 trazem os resultados encontrados para cada um dos cultivos analisados.

TABELA 05 – Resultados do teste de Hausman do Modelo da Uva

Coeficiente				
	(b)	(B)	(b-B)	sqrt (diag (V_b - V_B))
	fixo	aleatório	Diferença	S.E.
Ap	-1.32307	-.1245705	-1.0885	.4348744
Preo	2875.683	2767.342	208.3213	.
Ins	330.8847	70.75605	250.1286	.
Prec	5.40962	-21.08464	38.49426	.
Tmax	-3248.37	-2798.224	-3450.146	.
Tmed	203.6479	4343.889	-4240.241	.
Tmn	-233.1468	-2961.351	2828.204	.

b= consistente sob Ho e Ha; obtido a partir de xtreg

B= Undre inconsistente Ha, eficiente sob Ho; obtido a partir de xtreg

Teste: Ho: diferença de coeficiente não sistemática

$$\chi^2(7) = (b-B)' [(V_b - V_B)^{-1}] (b-B)$$

$$= 27.06$$

$$\text{Prob} > \chi^2 = 0.0001$$

(V_b - V_B não é definida positiva)

Fonte: resultados dos dados por intermédio do *software Stata*

TABELA 06 – Resultados do teste de Hausman do Modelo da Manga

Coeficiente				
	(b)	(B)	(b-B)	sqrt (diag (V_b - V_B))
	Fixo	aleatório	Diferença	S.E.
Ap	-2.32307	-.2245705	-2.0885	.5348643
Preo	1875.663	1767.342	108.3213	.
Ins	230.8847	80.75605	150.1286	.
Prec	6.40962	-22.08464	28.49426	.
Tmax	-4248.37	-1798.224	-2450.146	.
Tmed	103.6479	5343.889	-5240.241	.
Tmn	-133.1468	-1961.351	1828.204	.

b = consistente sob Ho e Ha; obtido a partir de xtreg

B = Undre inconsistente Ha, eficiente sob Ho; obtido a partir de xtreg

Teste: Ho: diferença de coeficiente não sistemática

$$\text{chi2 (7)} = (b-B)' [(V_b - V_B)^{-1}] (b-B)$$

$$= 29.93$$

Prob> chi2 = 0.0001

(V_b - V_B não é definida positiva)

Fonte: resultados dos dados por intermédio do *software Stata*

TABELA 07 – Resultados do teste de Hausman do Modelo da Banana

Coeficiente				
	(b)	(B)	(b-B)	sqrt (diag (V_b - V_B))
	Fixo	aleatório	Diferença	S.E.
Ap	.5910373	.9710355	-.3799982	.0390354
Preo	3726.996	3806.626	-79.63043	.
Ins	32.20127	-12.28364	44.48491	12.42409
Prec	13.05056	-36.79843	49.84899	10.73864
Tmax	-2791.714	-935.0033	-1856.711	705.7314
Tmed	3941.823	1433.853	2507.97	1269.61
Tmn	63.9724	27.31058	36.66181	.

b = consistente sob Ho e Ha; obtido a partir de xtreg

B = Undre inconsistente Ha, eficiente sob Ho; obtido a partir de xtreg

Teste: Ho: diferença de coeficiente não sistemática

$$\chi^2(6) = (b-B)' [(V_b - V_B)^{-1}] (b-B)$$

$$= 26.06$$

Prob> chi 2 = 0.0002

(V_b - V_B não é definida positiva)

Fonte: resultados dos dados por intermédio do *software Stata*

TABELA 08 – Resultados do teste de Hausman do Modelo do Coco

	Coeficiente			
	(b)	(B)	(b-B)	sqrt (diag (V_b - V_B))
	fixo	aleatório	Diferença	S.E.
Ap	.6553749	.7789543	-.1235794	.0195129
Preo	1934.451	2489.214	-554.7624	135.4808
Ins	23.79741	3.114376	20.68303	7.211709
Prec	15.84478	-13.34053	29.18531	5.769949
Tmax	-157.3716	-22.12969	-135.2419	308.093
Tmed	25.20533	22.59389	2.611439	3.618827
Tmn	-171.5091	-17.22139	-154.2877	50.61142

b = consistente sob Ho e Ha; obtido a partir de xtreg

B = Undre inconsistente Ha, eficiente sob Ho; obtido a partir de xtreg

Teste: Ho: diferença de coeficiente não sistemática

$$\text{chi2 (6)} = (b-B)' [(V_b - V_B)^{-1}] (b-B)$$

$$= 88.34$$

Prob> chi2 = 0.0002

(V_b - V_B não é definida positiva)

Fonte: resultados dos dados por intermédio do *software Stata*

Conforme já destacado, a hipótese nula do teste de Hausman é que os estimadores dos dois modelos, efeitos fixos e efeitos aleatórios, não diferem substancialmente. A estatística do teste segue, sob a hipótese nula, uma distribuição chi-quadrada, de forma que caso a hipótese nula seja rejeitada, implica que o modelo de efeitos aleatórios não é adequado, sendo preferível empregar o modelo de efeitos fixos.

No caso em questão, observa-se que $\text{chi2 (uva)} = 27,06$; $\text{chi2 (manga)} = 29,93$; que $\text{chi2 (banana)} = 26,06$ e $\text{chi2 (coco)} = 88,34$. Estes resultados indicam que a hipótese nula deve ser rejeitada (GUJARATI, 2006, p. 524-525), ou seja, o modelo empregado deve ser o de efeitos fixos. Outra forma de ver o mesmo resultado é com base no p-value ($\text{Prob}>\text{chi2}$) das duas estatísticas geradas, todos indicando que os modelos fixos e aleatórios apresentam resultados bastante distantes, devendo-se, neste caso, optar pelo modelo de efeito fixo.

Vale mais uma vez reforçar que o modelo de efeito fixo assume a correlação entre o efeito específico individual e as covariadas testadas, sendo, assim, tais efeitos específicos, fixos no tempo, controlados pela regressão.

1.12 Os modelos estimados

Estimou-se uma regressão para a produção de uva, uma para a de manga, uma para a banana e uma para o coco, os quatro principais produtos da agricultura permanente do estado de Pernambuco. As TABELAS 09 a 12 seguintes trazem, respectivamente, os resultados das regressões estimadas.

TABELA 09 – Resultados da regressão em painel para a Uva.

Regressão de efeitos fixos (dentro)				Número de observações = 107		
Variável grupo: Município				Número de grupos = 11		
R-sq:	Limite		Observações por grupo: min = 6			
	Intervalo		avg = 9.7			
	Total		max = 11			
corr (u _i , Xb) = -0.7651			F (7,89)		= 3.94	
			Prob > F		= 0.0009	
Rend	Coef.	Std. Err.	t	P > t	[95% Conf. Interval]	
AP	-2.31307	1.170811	-1,98	0.051	-4.639448	.0133068
Preo	1875.663	920.4372	2.04	0.045	46.77378	3704.552
Ins	230.8847	56.94027	4.05	0.000	117.7456	344.0237
Prec	6.40962	27.76426	0.23	0.818	-48.75738	61.57662
Tmax	-4248.37	2181.385	-1.95	0.055	-8582.735	85.99453
Tmed	103.6479	3086.129	0.03	0.973	-6028.425	6235.721
Tmn	-133.1468	1447.729	-0.09	0.927	-3009.753	2743.46
_Cons	99324.38	46806.64	2.12	0.037	6320.575	192328.2
sigma_u	14033.372	(fração de variância devido a u _i)				
sigma_e	3652.7338					
rho	.93654845					
Teste F que todos u _i = 0: F (10,89) = 22,82				Prob > F =		
				0.0000		

Fonte: Resultados do modelo.

Com base no resultado apresentado na tabela 9, para o cultivo de banana, verifica-se que a variável que exerceu uma mudança mais significativa estatisticamente foi a variável climática de insolação, sendo o seu efeito significante a 1%. Outras variáveis que afetaram a produtividade da banana foram o preço, significante a 5%, e a área plantada e a temperatura máxima, significante a 10%.

TABELA 10 – Resultados da regressão em painel para a Manga.

Regressão de efeitos fixos (dentro)			Número de observações = 610			
Variável grupo: Município			Número de grupos = 61			
R-sq:	Limite		Observações por grupo: min = 8			
	Intervalo		avg = 10.0			
	Total		max = 11			
corr (u _i , Xb) = -0.5294			F (7,542)		= 3.98	
			Prob > F		= 0.0003	
Rend	Coef.	Std. Err.	t	P > t	[95% Conf. Interval]	
AP	.5910373	.2740774	2.16	0.031	.0526531	1.129421
Preo	3726.996	1024.247	3.64	0.000	1715.015	5738.976
Ins	32.20127	28.39897	1.13	0.257	-23.58427	87.98681
Prec	13.05056	15.14402	0.86	0.389	-16.69759	42.79872
Tmax	-2791.714	948.7567	-2.94	0.003	-4655.405	-928.0238
Tmed	3941.823	1400.523	2.81	0.005	1190.705	6692.942
Tmin	63.9724	56.24471	1.14	0.256	-46.51193	174.4567
_Cons	-17656.68	22822.86	-0.77	0.439	-62488.77	27175.41
sigma_u	6245.0122	(fração de variância devido a u _i)				
sigma_e	5362.5437					
rho	.57558846					
Teste F que todos u _i = 0: F (60,542) = 5.07				Prob > F =		
				0.0000		

Fonte: Resultados do modelo.

Já em relação ao cultivo da manga, conforme apresentado na tabela 10, a variável que se mostrou mais influente sobre a produtividade deste cultivo foi a variável de preço, com um efeito significativo a 1%. Porém, a variável climática de temperatura máxima, bem como a área plantada, diretamente afetada pela mudança climática, se mostraram significativas a 5%.

TABELA 11 – Resultados da regressão em painel para a Banana.

Regressão de efeitos fixos (dentro)				Número de observações = 1309		
Variável grupo: Município				Número de grupos = 132		
R-sq:	Limite		Observações por grupo: min = 7			
	Intervalo		avg = 9.9			
	Total		max = 11			
corr(u _i , Xb) = -0.3835			F (7,1170) = 4.07			
			Prob > F = 0.0002			
Rend	Coef.	Std. Err.	t	P > t	[95% Conf. Interval]	
AP	.6553749	.1788061	3.67	0.000	.3045585	1.006191
Preo	1934.451	876.7724	2.21	0.028	214.2295	3654.673
Ins	23.79741	14.36032	1.66	0.098	-4.377457	51.97227
Prec	15.84478	7.485157	2.12	0.034	1.158947	30.53061
Tmax	-157.3716	353.0342	-0.45	0.656	-850.0224	535.2792
Tmed	25.20533	13.89592	1.81	0.070	-2.058381	52.46905
Tmin	-171.5091	130.7586	-1.31	0.190	-428.0567	85.0385
_Cons	8920.093	10087.8	0.88	0.377	-10872.11	28712.3
sigma_u	3399.1299	(fração de variância devido a u _i)				
sigma_e	4197.4572					
rho	.39605768					
Teste F que todos u _i = 0: F (131,1170) = 3.96				Prob > F = 0.0000		

Fonte: Resultados do modelo.

A produtividade da banana se mostrou sensível principalmente a área plantada, sendo este efeito significativo a 1%. Verifica-se ainda um efeito significativo das variáveis climáticas e insolação (significante a 10%) e precipitação (significante a 5%), bem como da variável econômica de preço (significante a 5%) sobre a produtividade do cultivo da banana em Pernambuco.

Tabela 12 – Resultados da regressão em painel para o Coco.

Regressão de efeitos fixos (dentro)				Número de observações = 1064		
Variável grupo: Município				Número de grupos = 106		
R-sq:	Limite		Observações por grupo: min = 7			
	Intervalo		avg = 10.0			
	Total		max = 11			
corr(u _i , X _b) = -0.2946			F (7,951)		= 19.31	
			Prob > F		= 0.0000	
Rend	Coef.	Std. Err.	t	P > t	[95% Conf. Interval]	
AP	1.163148	.6638865	1.75	0.080	-.1397043	2.465999
Preo	-21264.85	1998.9	-10.64	0.000	-25187.62	-17342.09
Ins	6.290961	25.3248	0.25	0.804	-43.40799	55.98992
Prec	-7.489145	13.79697	-0.54	0.587	-34.56517	19.58688
Tmax	2543.509	1156.78	2.20	0.028	273.3721	4813.645
Tmed	748.8921	1040.693	0.72	.472	-1293.428	2791.213
Tmin	-3222.317	2047.616	-1.57	0.116	-7240.685	796.0515
_Cons	5344.883	23937.97	0.22	0.823	-41632.46	52322.22
sigma_u	4485.409	(fração de variância devido a u _i)				
sigma_e	7068.3769					
rho	.28708121					
Teste F que todos u _i = 0: F (105,951) = 2.61				Prob > F =		
				0.0000		

Fonte: Resultados do modelo.

Por fim, com base na tabela 12, verifica-se que a produtividade do coco se mostrou mais sensível, principalmente, a mudanças na variável econômica de preço (significante a 1%). Contudo, as variáveis de área plantada e a variável climática de temperatura máxima também se mostraram relevantes quanto aos efeitos sobre a produtividade deste cultivo, com efeitos significantes, respectivamente a 10% e 5%.

1.13 O impacto do clima na produtividade da agricultura permanente

Com base nos resultados das tabelas de regressão, verifica-se que, no geral, as variáveis que se mostraram mais efetivas quanto ao impacto sobre a produtividade agrícola foram Área Plantada (AP) e Preço (Preo), sendo estas significantes a 5% em todos os modelos, com exceção do modelo da produção de coco, para o qual a variável AP só foi significativa a 8%. Contudo, verifica-se ainda que o sentido desse efeito não é o mesmo para todos os tipos de cultivos analisados. Enquanto que o efeito geral da área plantada é positivo, para o cultivo da uva, ele se mostrou negativo. Já o preço, que

também tem um efeito geral positivo, apresentou efeito negativo para o cultivo de manga.

Das variáveis climáticas destaca-se a principalmente a importância da variável de Temperatura Máxima (Tmax) para a produtividade dos cultivos analisados, a principal variável a ser diretamente afetada pelo aquecimento global. Essa variável se mostrou, conforme esperado, negativamente correlacionada com a produtividade dos cultivos permanentes, com exceção do coco.

O conjunto de resultados encontrados indicam que com o proeminente aquecimento global, não apenas os aumentos das temperaturas, bem como as demais variáveis por ela afetadas, tais como a área plantada, nível de insolação, e a consequente mudança nos preços dos alimentos, podem afetar a configuração do cenário agrícola para os cultivos analisados em Pernambuco, dada a importância dessas atividades no cenário econômico e social. Dessa forma, ressalta-se a importância de avaliações como a realizada pelo presente estudo, como forma de melhor conhecer as possíveis implicações das eminentes mudanças no clima sobre a produtividade agrícola.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo buscou fazer uma associação entre variáveis climáticas, bem como outras variáveis afetadas pelo aquecimento global, e a produtividade da agricultura permanente do estado de Pernambuco, pegando para isso quatro de seus principais produtos: manga, banana, coco e uva. Estes quatro produtos respondem por 90% do valor gerado pela agricultura permanente pernambucana.

Neste sentido, ressaltou aspectos relevantes ao tema, primeiro a partir de uma revisão da literatura pertinente, e depois a partir da estimação de uma regressão para cada um dos quatro produtos, com dados em painel para os municípios pernambucanos, considerando a produção obtida entre os anos de 2002 e 2012.

Relativamente à produção, observou-se que os produtos estudados, com exceção da uva, têm sua produção espalhada por todo o estado. Entre os 185 municípios pernambucanos, 153 produzem banana, 85 produzem manga, 123 produzem coco e 11 produzem uva.

No que se refere às variáveis climáticas, observou-se uma discreta elevação nos níveis de insolação e da temperatura máxima de todas as estações convencionais de observação das variáveis climáticas.

Foi realizada neste trabalho uma análise de impacto através de um modelo de regressão com dados em painel, tendo-se como referência os municípios pernambucanos, no período entre 2002 e 2012. Os resultados revelaram que o aumento da temperatura máxima tem impactos negativos sobre a produtividade, o que pode ser lido com relativa preocupação, uma vez que esta é uma das previsões para o nordeste brasileiro.

A partir da metodologia empregada, destacam-se como os principais resultados: i) os níveis de temperatura, insolação e precipitação foram fatores decisivos para explicar os níveis de produtividade das culturas em análise; ii) o estado de Pernambuco apresentou perdas de produtividade nas quatro culturas; iii) os níveis de produtividade das quatro culturas serão significativamente afetados nos municípios apresentados.

Em última instância, diante das perdas de produtividade que manga, banana, coco e uva poderão apresentar, políticas de mitigação e até mesmo de adaptação climática se fazem necessárias à região nordeste do país. Por esse motivo, recomenda-se

para trabalhos futuros que sejam feitas análises a níveis municipais para as regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Norte do Brasil, assim como as desenvolvidas neste trabalho, para outros gêneros agrícolas produzidos no nordeste, especificamente, a fruticultura.

REFERÊNCIAS

ADGER, N. **Climate change 2007: climate change impacts, adaptation and vulnerability: fourth assessment report**. Disponível em: <www.ipcc.ch>. Acesso em: 12 jan. 2014.

AGUIAR, R. C. **Abrindo o pacote tecnológico: Estado e pesquisa agropecuária no Brasil**. São Paulo: Polis; Brasília: CNPq, 1986, 160p.

ALVIM, M. I. S. A. **Competitividade da produção de soja nos sistemas de plantio direto e plantio convencional em Mato Grosso do Sul**. 2003. 148p. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

ANDRADE JÚNIOR, A. S.; BASTOS, E. A.; CARDOSO, M. J.; SILVEIRA JÚNIOR, D. M. Zoneamento de risco climático para a cultura do milho no Estado do Maranhão. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.12, n.2, p.369-377, 2004.

ANDRADE JÚNIOR, A. S.; SENTELHAS, P. C.; LIMA, M. G.; AGUIAR, M. J. N.; LEITE, D. A. S. R. Zoneamento agroclimático para as culturas de milho e de soja no Estado do Piauí. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.9, n.3, p.544-550, 2001.

ASSAD, E.; PINTO, H. S. **Aquecimento Global e a nova Geografia da Produção Agrícola no Brasil**. Embrapa. São Paulo, 2008. Disponível em: http://www.embrapa.br/pu_blicacoes/tecnico/aquecimentoglobal.pdf

ASSAD, E.D.; EVANGELISTA, B.; SILVA, F.A.M.; CUNHA, S.A.R.; ALVES, E.R., LOPES, T.S.S.; PINTO, H.S.; ZULLO JUNIOR, J. **Zoneamento agroclimático para a cultura do café (*Coffea arabica* L.)** no Estado de Goiás e sudoeste do Estado da Bahia.

CERRI, C.C. e CERRI, C.E.P. **Agricultura e Aquecimento Global**.

CREPALDI, S. A. **Contabilidade rural: uma abordagem decisória**. 6ª ed. São Paulo: Atlas, 2011.

DÊSCHENES, O.; GREENSTONE, M. The economic impacts of climate change: evidence from agricultural output and random fluctuations in weather. **American Economic Review**. Ed. 97, v. 1, p. 354-85, 2007.

DIAS, P. S.; MARENGO, J. Águas atmosféricas. In: REBOUÇAS, Aldo da Cunha;

BRAGA JR., Benedito; TUNDIZI, José Galizia (Ed.). **Águas doces no Brasil: capital ecológico usos múltiplos, exploração racional e conservação**. 2. ed. São Paulo: USP, 2002.

Diamond, op. cit; Olson, op. cit

DOMINGUES, E. P.; MAGALHÃES, A. S.; RUIZ, R. M. **Cenários de Mudanças Climáticas e Agricultura no Brasil: Impactos Econômicos na Região Nordeste**. Belo Horizonte: UFMG/Cedeplar, 2008. 25p. (Texto para discussão; 340).

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Aquecimento Global e Nova Geografia da Produção Agrícola no Brasil**. São Paulo: Embrapa produção agrícola, 2008.

FÉRES, J., E. REIS e J. SPERANZA. **Mudanças climáticas globais e seus impactos sobre os padrões de uso do solo no Brasil**. In: XXXVII Encontro Nacional de Economia, 2009, Foz do Iguaçu. Anais do XXXVII Encontro Nacional de Economia, 2009. Disponível em: http://www.anpec.org.br/encontro_2009.htm.

FÉRES, J., E. REIS e J. SPERANZA. **Assessing the Impact of Climate Change on the Brazilian Agricultural Sector**. In: Proceedings of the 16th Annual EAERE Annual Conference. Gothemburg: European Association of Environmental and Resource Economists, 2007.

FUHRER, J. Agroecosystem responses to combinations of elevated CO₂, ozone, and global climate change. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.97, p.1-20, 2003.

GOLDEMBERG, J; VILLANUEVA, L. D. **Energia, Meio Ambiente & Desenvolvimento**. Edusp. São Paulo, 2003.

GREENPEACE, 2008. **Mudanças do Clima, Mudanças no Campo. Impactos climáticos da agricultura e potencial de mitigação**. Greenpeace International. 8p.

HAUSMAN, Jerry A. Specification tests in econometrics. **Econometrica: Journal of the Econometric Society**, p. 1251-1271, 1978.

IPCC. **Climate change 2001: working group II: Impacts, adaptations and vulnerability**. Disponível em: http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg2/005.html Acesso em: nov.2013.

KENNY, G. J.; HARRISON, P. A. Thermal and moisture limits of grain maize in Europe: model testing and sensitivity to climate change. **Climate Research**, v.1, n.1, p.113-129, 1992.

MAGALHÃES, A. et al. The effects of climate variations on agriculture in Northeast Brazil. In: PARRY, M.; CARTER, T.; KONIJN, N. (Ed.). **The impact of climate variations on agriculture: assessments in semi-arid regions**. [S.l.]: Kluwer Academic Publishers, 1998. V. 2, p. 277-304.

MARENGO, J.A. **Impactos das condições climáticas e da variabilidade e mudanças do clima sobre a produção e os preços agrícolas: ondas de frio e seu impacto sobre a cafeicultura nas regiões sul e sudeste do Brasil**. In: LIMA, M.A.; CABRAL, O.M.R.;

MARGALEF, R. 1994. **A paradigm of planetary problems**. 553p, Amsterdam, Elsevier Science.

MARION, José Carlos. **Contabilidade Rural: contabilidade agrícola, contabilidade da pecuária, imposto de renda pessoa jurídica**. 12 ed. São Paulo: Atlas, 2010.

MARTINE, G. Fases e faces da modernização agrícola brasileira. **Planejamento e Políticas Públicas**, v.1, n.3, p.3-44, jun. 1990.

MAZOYER, M.; ROUDART, L. Histoire des agricultures du monde, Paris, Seuil, 1997; Diamond, Jared. Armas, germes e aço. Rio de Janeiro, Record, 2003; Olson, Steve. **A história da humanidade**. Rio de Janeiro, Editora Campus, 2003.

MIGUEZ, J. D. G. (Org.). **Mudanças climáticas globais e a agropecuária brasileira. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente**, 2001. cap.4, p.97-123.

NEIFF, J. J. 1996. Large **Rivers of South America: toward the new approach**. Verh. Int. Ver. Theor. Angew. Limnol./Proc. Assoc. Int. Limnol. Theor. Appl. 26:11, 167-180.

NOBRE, P. et al. Seasonal-to-decadal predictability and prediction of South American climate. **Journal of Climate**, v. 19, p. 5988-6004, 2006. Silva, V. de P. R. On climate variability in Northeast of Brazil. **Journal of Arid Environments**, v.1, n.58, p.575-596, 2004.

OTTINGER, R. L. **Environmental costs of electricity** / prepared by Pace University

- center for environmental legal studies. New York : Oceana Publications, 1991.
- PLATA, L. Mercado de Terras no Brasil: **Gênese, Determinação de seus Preços e Políticas**, Tese de doutorado, 2001.
- REZENDE, G. C. **Estado, macroeconomia e agricultura no Brasil**. Porto Alegre: Editora da UFRGS/Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2003.
- SANTOS, Robério Ferreira dos. Análise crítica da interpretação neoclássica do processo de modernização da agricultura brasileira. In: SANTOS, R.F. dos. **Presença de vieses de mudança técnica da agricultura brasileira**. São Paulo: USP/IPE, p.39-78, 1986.
- SILVA, G. B. da; AZERVEDO, P. V. de. Potencial edafoclimático da “Chapada Diamantina” no Estado da Bahia para o cultivo de citrus. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.8, n.1, p.133-139, 2000.
- SILVA, M. T.; Amaral, J. A. B. Zoneamento de risco climático para a cultura do amendoim no Estado do Rio Grande do Norte. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.7, n.2, p.93-99, 2007.
- STRECK, N.A. Climate change and agroecosystems: the effect of elevated atmospheric CO₂ and temperature on crop growth, development, and yield. **Ciência Rural**, v.35, p.734-744, 2005.
- STRECK, N.A.; BOSCO, L.C.; MENEZES, N.L.; GARCIA, D.C.; ALBERTO, C.M.; LAGO, I. Estimativa do filocrono em cultivares de trigo de primavera. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.13, p.423-429, 2006.
- SUDENE. **Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste**. Acesso em: jan. 2014. Disponível em: <http://www.sudene.gov.br/sudene>.
- SULTAN, B.; BARON, C.; DINGJUN, M.; SARR, B.; JANICOT, S. Agricultural impacts of large-scale variability of the West African monsoon. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.1, n.128, p.93-110, 2005.
- ZULLO JÚNIOR, J.; PINTO, H. S.; ASSAD, E. D. Impact assessment study of climate change on agricultural zoning. **Meteorological Applications**, v.13, n.S1, p.69-80, 2005.

ANEXOS

TABELA A-1 – DADOS CLIMÁTICOS DAS ESTAÇÕES DE PERNAMBUCO – MÉDIAS ANUAIS DE 2002 A 2012.

	Ano	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Petrolina	INS	252,1	263,8	249,2	250,5	249,8	260,2	253,8	244,5	259,3	258,8	282,0
	PREC	49	32	46	60	52	36	46	77	54	49	22
	Tmax	32,6	32,9	32,2	32,5	32,4	32,4	32,2	32,2	32,6	32,3	33,1
	Tmed	27,2	27,3	27,0	27,0	26,8	26,7	26,6	27,0	27,2	27,0	27,7
	Tmin	22,6	22,7	22,5	22,6	22,2	21,2	21,0	22,7	22,7	22,4	22,6
Ouricuri	INS	219,1	239,9	228,6	226,1	226,3	228,7	209,9	213,1	224,4	222,9	247,0
	PREC	64	51	48	88	75	64	76	97	84	82	38
	Tmax	32,0	32,4	31,7	31,8	32,1	31,9	31,1	31,5	31,9	31,2	32,7
	Tmed	26,1	26,4	26,0	26,0	26,0	26,1	26,1	26,1	25,6	26,1	26,7
	Tmin	21,2	21,4	21,1	21,4	21,2	21,3	-	21,6	21,5	21,0	21,8
Cabrobó	INS	248,1	256,9	241,5	231,4	244,9	243,5	233,4	235,5	252,6	237,9	253,3
	PREC	53	45	61	91	69	76	80	80	48	84	38
	Tmax	32,0	32,7	32,3	32,2	32,7	32,3	32,3	32,8	34,0	32,4	32,8
	Tmed	26,8	27,3	27,0	26,8	27,0	26,6	26,9	27,1	27,9	26,6	27,2
	Tmin	22,4	22,3	22,3	22,1	22,2	22,0	22,4	22,6	22,7	22,0	21,2
Triunfo	INS	230,9	251,7	256,4	231,7	227,9	243,1	223,0	212,7	226,2	226,8	260,4
	PREC	102	74	72	128	126	132	145	147	125	144	68
	Tmax	27,4	27,6	25,9	26,1	26,2	26,2	25,8	26,2	26,9	26,0	27,8
	Tmed	21,7	21,7	20,6	21,2	21,1	20,8	20,7	21,1	21,2	20,6	21,6
	Tmin	17,6	17,5	16,6	17,0	17,2	16,5	16,7	17,1	16,8	16,4	16,2
Garanhuns	INS	182,4	203,4	173,8	190,5	189,2	173,0	169,9	173,4	149,4	127,4	128,6
	PREC	175	155	178	154	140	157	145	136	153	160	126
	Tmax	26,0	26,7	26,0	26,8	26,8	25,3	25,5	26,5	26,2	25,7	26,9
	Tmed	20,9	21,3	20,9	21,3	21,5	20,9	21,0	20,6	-	-	-
	Tmin	17,7	18,1	17,9	17,9	18,1	18,0	17,9	18,3	-	-	-
Arcoverde	INS	240,9	246,2	226,8	226,8	227,2	230,7	223,8	222,9	237,7	234,8	262,7
	PREC	109	90	116	108	116	125	129	96	102	109	70
	Tmax	29,4	30,3	28,9	29,1	29,6	28,7	28,8	28,8	29,3	29,6	30,5
	Tmed	23,0	23,8	23,0	23,0	23,3	22,6	22,7	22,9	23,1	23,2	23,7
	Tmin	17,8	18,8	18,3	18,2	18,2	18,2	18,0	18,4	18,5	18,7	18,6
Surubim	INS	225,0	235,8	216,3	232,0	244,4	232,3	232,0	220,2	230,8	221,5	250,0
	PREC	164	147	200	167	124	160	177	116	144	140	103
	Tmax	29,9	30,5	29,5	30,0	30,3	29,8	30,0	30,2	30,2	29,2	30,1
	Tmed	24,0	24,4	23,6	24,2	24,4	24,0	24,0	24,4	24,5	23,9	24,0
	Tmin	20,0	20,4	19,9	20,1	20,5	20,3	20,2	20,7	20,7	20,4	20,0
Curado	INS	193,1	221,5	200,1	219,6	224,5	215,4	205,1	210,4	203,8	180,8	201,0
	PREC	229	232	228	217	200	223	209	210	208	238	189
	Tmax	29,2	29,7	29,7	29,9	30,0	29,6	29,6	29,9	30,0	29,5	29,6
	Tmed	26,0	26,0	25,8	26,2	26,2	25,9	25,9	26,2	26,2	25,8	25,8
	Tmin	22,6	22,3	22,2	22,4	22,5	22,5	22,2	22,7	22,7	22,0	21,8

Fonte: elaboração própria a partir dos dados do BDM