Revista Brasileira de Climatologia
Brazilian Journal of Climatology

OPEN ACCESS

ASPECTOS CLIMATOLÓGICOS DA PRECIPITAÇÃO NO RENDIMENTO DA MANDIOCA (*MANIHOT ESCULENTA CRANTZ*) NAS MESORREGIÕES DO NORDESTE PARAENSE E METROPOLITANA DE BELÉM

Climatological aspects of the harvest on the yield of cassava (Manihot esculenta Crantz) in the mesoregions of Northeastern Pará and Metropolitan Belém

Aspectos climatológicos de la precipitación sobre el rendimiento de la yuca (manihot esculenta crantz) en las mesorregiones del noreste Paraense y Metropolitana de Belém

Ilale Ferreira Lima
Universidade Federal do Pará - UFPA
hilalebrades@hotmail.com

Maria Isabel Vitorino
Universidade Federal do Pará – UFPA
vitorino@ufpa.br

Jefferson Inayan de Oliveira Souto
Universidade Federal do Pará – UFPA
inayansouto@gmail.com

Marcus Vinicius Silva da Silva
Universidade Federal do Pará – UFPA
silva.v.marcus@gmail.com

Layse Gomes Furtado
Universidade Federal do Pará - UFPA
layse.furtadog@gmail.com

Resumo: A variabilidade climática tropical da precipitação é de fundamental importância para o desenvolvimento de diversas atividades econômicas, em especial, a agricultura. O Estado do Pará é um dos principais produtores da mandioca (*Manihot esculenta Crantz*), alimento que além de ser fonte de nutrientes, é responsável pela ocupação e manutenção do homem no campo ao gerar trabalho e renda, dada a sua forte natureza de envolver a mão de obra familiar. O estudo visou analisar a distribuição espacial e temporal da relação entre a precipitação e o rendimento da Mandioca nas mesorregiões do Nordeste Paraense e Região Metropolitana de Belém. Através de índices climáticos como IOS e MMA, dados de precipitação (CHIRPS) e ferramentas de geoprocessamento, foi possível identificar que, de forma geral, na média do período e região estudados, o rendimento médio da Mandioca apresenta tendência de aumento sendo o oposto da área plantada. A relação entre precipitação e o rendimento se apresentou de maneira complexa, onde nem sempre essa relação ocorre de forma direta. Além da quantidade de chuva, sua distribuição ao longo dos dias é de extrema importância sabendo-se que muitos dias com chuva ou sem chuva podem ser prejudiciais à cultura, devido ao apodrecimento das raízes e proliferação de ácaros. Nesse sentido, as mudanças climáticas alteram significativamente a distribuição de precipitação, em que a maioria das relações entre as variáveis, que proporcionaram alto rendimento de mandioca, apresentaram condições anômalas.
Palavras-chave: Chuva. Índice climático. Agricultura. Nordeste Paraense.

Abstract: The tropical climate variability of precipitation is of fundamental importance for the development of several economic activities, in particular, agriculture. The State of Pará is one of the main producers of cassava (Manihot esculenta Crantz), food that in addition to being a source of nutrients, is responsible for the occupation and maintenance of the man in the field by generating work and income, due to its strong nature involving the family labor.The study aimed to analyze the spatial and temporal distribution of the relation between precipitation and cassava yield in the mesoregions of Northeastern Pará and Metropolitan Region of Belém. Through climatic indexes such as SOI and AMM, precipitation data (CHIRPS) and geoprocessing tools, it was possible to identify that, in general, about the period and region studied, the average yield of Cassava shows an increasing tendency, being the opposite of the planted area.The relation between precipitation and yield was presented in a complex way, which this relation does not always occur directly. In addition to the amount of rain, its distribution over the days is extremely important, knowing that many days with rain or without rain can be harmful to the crop due to the rotting of the roots and the proliferation of mites. In this sense, climate changes significantly change the distribution of precipitation, while most of the relations between the variables which provided high cassava yields, presented anomalous conditions.
Keywords: Rain. Climatic index. Agriculture. Northeastern Pará.

Resumen: La variabilidad climática tropical de la precipitación es de fundamental importancia para el desarrollo de varias actividades económicas, en particular, la agricultura. El Estado de Pará es uno de los principales productores de yuca (Manihot esculenta Crantz), alimento que además de ser fuente de nutrientes, es responsable por la ocupación y manutención del hombre en el campo generando trabajo e ingresos, dada su fuerte naturaleza por la participación de la mano de obra familiar. El estudio tuvo como objetivo analizar la distribución espacial y temporal de la relación entre la precipitación y el rendimiento de yuca en las mesorregiones del Noreste de Pará y la Región Metropolitana de Belém. A través de índices climáticos como IOS y MMA, datos de precipitación (CHIRPS) y herramientas de geoprocesamiento, fue posible identificar que, en general, en el promedio del período y región estudiada, el rendimiento promedio de yuca muestra una tendencia creciente, siendo el opuesto al área sembrada. La relación entre precipitación y rendimiento se presentó de manera compleja, donde esta relación no siempre se da de manera directa. Además de la cantidad de lluvia, es muy importante su distribución a lo largo de los días, sabiendo que muchos días con lluvia o sin lluvia pueden ser perjudiciales para el cultivo, por pudrición de las raíces y

proliferación de ácaros. En este sentido, los cambios climáticos alteran significativamente la distribución de la precipitación, en la que la mayoría de las relaciones entre las variables, que propiciaron un alto rendimiento de yuca, presentaron condiciones anómalas.
Palabras clave: Lluvia. Índice climático. Agricultura. Noreste de Pará.

Submetido em: 27/04/2021
Aceito para publicação em: 16/05/2023
Publicado em: 24/05/2023

1. INTRODUÇÃO

A variabilidade climática tropical da precipitação é imprescindível para analisar o desenvolvimento de diversas atividades econômicas, em especial a agricultura. Ela é responsável por grande parte das exportações brasileiras e pela geração de milhares de empregos, sendo uma das atividades mais vulneráveis às mudanças climáticas. Neste sentido, é estimado que cerca de 80% da variabilidade da produtividade agrícola decorra da variabilidade climática sazonal e interanual, enquanto que os demais 20% pode estar associado às questões econômicas, políticas, de infraestrutura e sociais (BRASIL, 2015; NAKAI et al., 2015 apud MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2016).

Nessa conjuntura, as necessidades hídricas das culturas agrícolas precisam ser satisfeitas nos diversos estágios fenológicos, desde a germinação e estabelecimento da cultura, passando pelo desenvolvimento, formação e crescimento dos grãos, frutos e raízes, até atingir a maturação e a colheita (SILVA et al., 2009). Por isso é imprescindível conhecer o período de ocorrência dos maiores e menores acumuladores de chuva e toda sua distribuição espacial. Além disso, o rendimento de uma cultura é resultado não somente das condições de clima e do solo, mas também do nível de tecnologia e da habilidade do agricultor (DA CUNHA et al., 2011). Por isso, se torna também importante investigar qual a melhor forma de adaptar o plantio às condições naturais (clima), gerando a cada ano um melhor rendimento.

Estudos sobre a variabilidade climática da precipitação na Amazônia, a partir das oscilações intrasazonais, interanuais e decadais apresentam fortes relações com a produtividade agrícola (MOURA; VITORINO; ADAMI, 2018). Os autores sugerem que a previsão climática aplicada a gestão de riscos, pode evitar ou mitigar os prejuízos econômicos e/ou aumentar os investimentos financeiros relacionados às atividades agrícolas na região amazônica.

Nesse contexto, no Brasil, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2018), a mandioca (*Manihot esculenta Crantz*) é um dos principais produtos agrícolas produzidos e no período de janeiro a abril de 2018 a produção foi de 83,4 milhões de toneladas, concentrada nos estados do Pará (13,84 %), Paraná (10,92%) e Bahia (6,75%). A mandioca, além de ser fonte de alimento, é responsável pela ocupação e manutenção do homem no campo, ao gerar trabalho e renda, dada a sua forte natureza de

envolver a mão de obra familiar. Isto revela a extrema importância socioeconômica da cultura para as populações rurais (BEZERRA, 2014).

Assim sendo, o presente estudo tem como objetivo analisar a distribuição espacial e temporal da relação entre a precipitação e o rendimento da mandioca nas mesorregiões Nordeste Paraense e Metropolitana de Belém, a fim de colaborar com o entendimento e planejamento do uso dos recursos naturais do clima na produtividade do cultivo da mandioca.

2. MATERIAL E METÓDOS

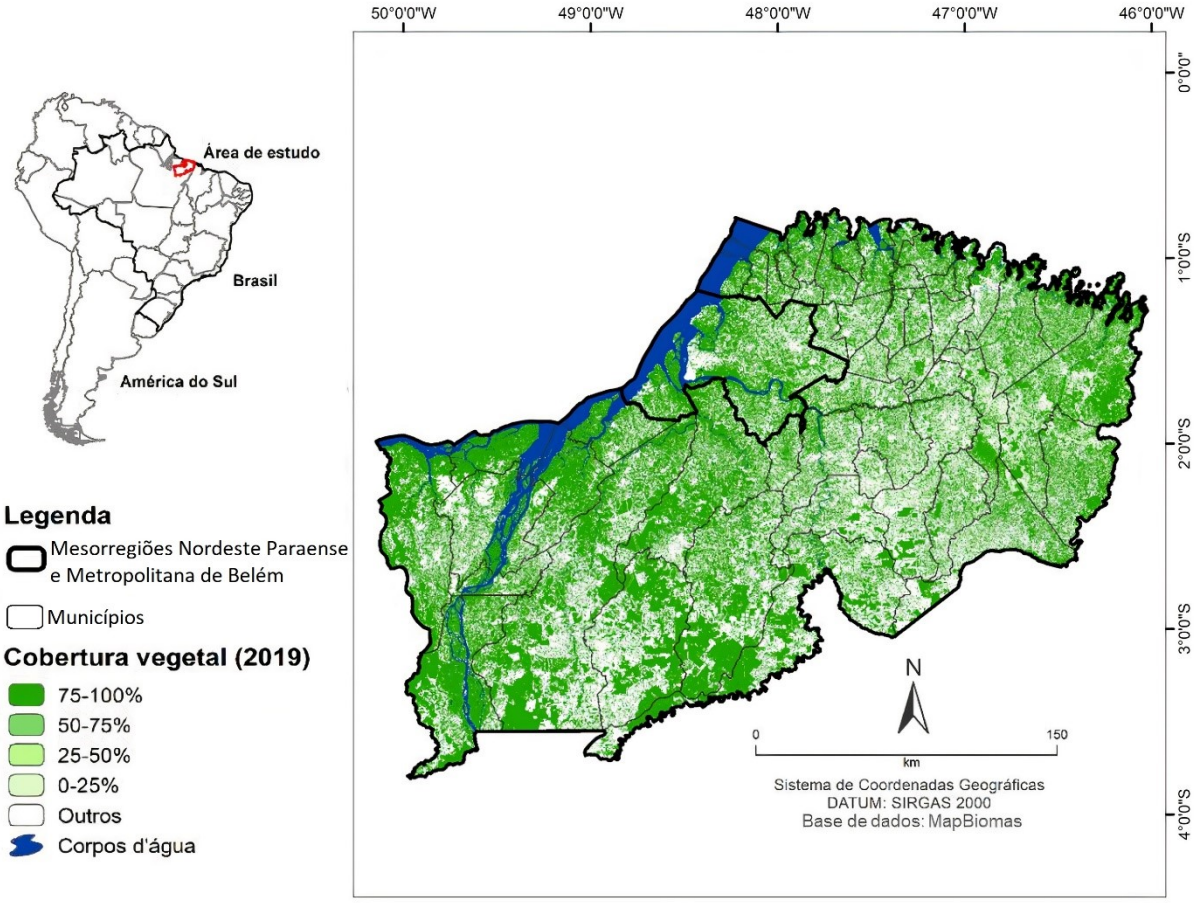
2.1. Área de estudo

O Estado do Pará, com área de 1.247.955,381 Km², representa 29,73% da Amazônia brasileira (Amazônia Oriental) e 14,65% do território nacional (8.515.767,049 km²). De acordo com IBGE (2010), o estado do Pará possui uma população de 7.581.051, possuindo densidade demográfica de 6,07. A capital do Estado é Belém, a maior cidade da Região Norte possui 1.279.861 habitantes (IBGE, 2000).

Dentro dessa unidade da federação estão grandes mesorregiões que foram determinadas a partir de uma perspectiva histórico-espacial social (IBGE, 2010). Nessa divisão, o Pará ficou dividido em 6 mesorregiões: Baixo Amazonas Paraense, Marajó, Metropolitana de Belém, Nordeste Paraense, Sudoeste Paraense e Sudeste Paraense.

Com uma área de 83.316,02 km², o Nordeste Paraense é a mais antiga fronteira de colonização do estado do Pará, possuindo 49 municípios, sendo 23,6% da população total do Estado. O território, como um todo, possui diferentes formas de ocupação com a presença de ecossistemas naturais de florestas, além de áreas ocupadas por diferentes sistemas produtivos (INPE, 2018). Já a mesorregião Metropolitana de Belém é composta por 11 municípios. As duas mesorregiões citadas, são as áreas de estudo do presente trabalho (Figura 1).

Figura 1 - Área de estudo, com localização em nível de continente, país e mesorregiões do Nordeste Paraense (NDP) e Metropolitana de Belém (MB).



Fonte: Autor (2021).

2.2. Dados

Como forma de caracterizar a precipitação espacialmente e temporalmente, foram utilizados produtos do conjunto de dados CHIRPS e para a extração e processamento desses dados, foi utilizado o software Grads. Os dados são mensais e referem-se ao período que se estende de 1999 a 2018, para as Mesorregiões do Nordeste Paraense (NDP) e Metropolitana de Belém (RMB).

Em um estudo realizado por Costa et al. (2019), foi definida a validação dos dados do CHIRPS com dados do CPTEC e INMET para o Brasil. E foram considerados confiáveis, assim como plausíveis sob utilização em distintas finalidades relacionadas às pesquisas climáticas.

O CHIRPS, por exemplo, (Climate Hazards Group Infra Red Precipitation with Stations) é um conjunto de dados de precipitação desenvolvido pelo United States Geological Survey

(USGS) e pelo Climate Hazards Groupat the University of California, Santa Barbara (UCSB). As estimativas de precipitação são compostas por diversas fontes de informações, como: (I) The Climate Hazards Group's Precipitation Climatology (CHPClim); (II) Observações de satélites com espectroscopia de infravermelho termal (ThermalInfrared, TIR), geoestacionárias quase globais da National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), Centro de Previsão Climática (CPC) e o National Climatic Data Center Climáticos (NCDC); (III) Campos de Precipitação do Coupled Forecast System da NOAA, versão 2 (CFSv2); (IV) Diversas observações de precipitação através de produtos de estações meteorológicas e outros serviços regionais (FUNK et al., 2015).

Este produto possui resolução espacial de 0,05º (aproximadamente 5km), próximo ao equador, com cobertura geográfica de 50ºS e 50ºN, com uma série desde 1981 até os dias atuais e disponibiliza dados em escala diárias, pêntadas, mensais e anuais. Este banco de dados está disponível em https://www.chc.ucsb.edu/data/chirps.

Foram utilizadas tabelas de Produção Agrícola Municipal (tabela nº 1612), disponibilizadas pelo IBGE (2019) através do Sistema de Recuperação Automática Sidra - IBGE (www.sidra.ibge.gov.br), como fonte de dados agrícolas da mandioca. Utilizou-se o rendimento médio e área plantada da cultura de todos os municípios do NDP e RMB, para o período que se estende de 2000 a 2019.

A obtenção dos índices climáticos MMA - Modo Meridional do Atlântico, e IOS - Índice de Oscilação Sul, foram feitas através do endereço eletrônico (https://www.cpc.ncep.noaa.gov/) do Climate Prediction Center/National Oceanic and Atmospheric Administration (CPC/NOAA), para o período de janeiro de 1999 a dezembro de 2018, em escala mensal.

O índice do MMA é o resultado da diferença entre as médias das anomalias da Temperatura Superficial do Mar (TSM) normalizadas pelo desvio padrão nas respectivas áreas do Oceano Atlântico Norte (OAN) e Oceano Atlântico Sul (OAS), onde anos de MMA+ (positivo) são aqueles em que apresentam valores positivos de anomalias de TSM no OAN, e anos de MMA- (Modo Meridional do Atlântico negativo) quando ocorrerem valores negativos na região do OAN, segundo o critério de Marengo et al. (2013).

O fenômeno ENOS envolve duas fases extremas da TSM do Oceano Pacifico: eventos quentes (El Niño) resultado das anomalias positivas da TSM e eventos frios (La Niña)

decorrente de anomalias negativas. Os anos que não são caracterizados nesses extremos são considerados "neutros" ou normais.

Além da TSM, existe outra maneira de identificar a fase do fenômeno em questão: o Índice de Oscilação Sul (IOS). O IOS é calculado a partir das diferenças médias da pressão ao nível médio do mar (PNM) entre Tahiti (Pacífico Centro-oriental, 17ºS; 150ºW) e Darwin (Pacífico Ocidental, 12ºS; 130ºE), baseado em uma análise mensal, com valores em períodos mais longos. Esta foi uma forma de definir os valores, alto e baixo do IOS, relacionados às fases fria (La Niña, IOS +) e quente (El Niño, IOS -) do fenômeno ENOS (TROUP, 1965; ROPELEWSKI; JONES, 1987).

2.3. Metodologias

A fim de se obter apenas um valor de precipitação que representasse toda a área - área por sua vez, é a mesma representada na Figura 1 (as mesorregiões NDP e MB), que espacialmente juntas, totalizam a área do qual esse estudo foi dirigido - realizou-se a média de todos os pontos que o CHIRPS fornece dentro da região de estudo (mesorregião do NDP e MB), dessa forma, foram gerados os gráficos a partir das planilhas eletrônicas do Excel, além da média de precipitação por município. Foram gerados também, os gráficos de média anual para a região com dados de precipitação e de mandioca (rendimento e área plantada) já adquiridos. Os dados disponíveis na base de dados da SIDRA (IBGE, 2019) sobre a cultura não levam em consideração o período de desenvolvimento, é disponibilizado somente dados anuais.

É importante ressaltar, que as análises de precipitação, foram realizadas com defasagem de um ano, sabendo-se que a precipitação que influencia no rendimento atual, é aquela ocorrida no período de plantio, em média um ano antes. De acordo com De Mattos et al. (2006), em virtude da grande extensão territorial do Brasil e das diferenças de clima e solo, o plantio da mandioca ocorre em diferentes épocas. O plantio deve ser feito no início da estação chuvosa, quando a umidade e o calor se tornam elementos essenciais para o desenvolvimento da cultura. No estado do Pará, recomenda-se a plantação no final do mês de dezembro ou início de janeiro, conhecido como “plantio de inverno”; e o “plantio de

verão" no final dos meses de maio e junho, quando as chuvas diminuem de intensidade e frequência.

Os três mapas elaborados a respeito da precipitação foram: (1) dias consecutivos com chuva em cada ano; (2) anomalia da precipitação (%) e (3) precipitação média dos anos estudados. Estes foram processados e gerados através do software Grads e de geoprocessamento. No (1) foi utilizado como referência o índice CWD (KARL; NICHOLLS; GHAZI, 1999) do ETCCDI – Climate Change Indices (disponível em: http://etccdi.pacificclimate.org/list_27_indices.shtml), onde CWD é a duração máxima do período de chuva (número máximo de dias consecutivos).

Através de uma ferramenta contida no software de geoprocessamento, as informações a respeito da cultura foram agregadas às tabelas de atributos do shape da base cartográfica de municípios do IBGE, com a função de selecionar por atributos. A partir de símbolos graduados, foi possível mapear e analisar a evolução do rendimento médio e área plantada da mandioca para a região anualmente.

As relações médias entre a precipitação, o rendimento e a área plantada foram definidas a partir de classes calculadas (Tabela 1).

Foi aplicado o método de regressão linear dentro da planilha eletrônica através da obtenção do coeficiente de correlação linear de Pearson (r), como forma de investigar a tendência das series de área plantada, rendimento e precipitação.

O coeficiente de correlação linear de Pearson (r) corresponde em uma medida de valores entre +1 até -1, o qual, quantifica o relacionamento linear entre séries amostrais. Para Spiegel (1972), esta correlação compreende o quociente entre a covariância e o produto dos seus desvios padrões, conforme demonstrado na equação (1):

$$\rho x,y=COV\ (X,Y)\sigma X\sigma Y \qquad (1)$$

Onde, COV representa a covariância; X,Y das variáveis; $\sigma X\sigma Y$ o desvio padrão das variáveis. Valores próximos de +1 indicam forte correlação direta entre os parâmetros, enquanto que valores próximos de -1 indica forte correlação inversa, valores próximos de zero indicam ausência de correlação. Dancey e Reidy (2006) indicam uma classificação para este coeficiente, sendo que r = 0,10 até 0,30 (fraco); r = 0,40 até 0,60 (moderado); r = 0,70 até 1 (forte).

O rendimento médio foi a variável utilizada como ponto de partida, já que essa variável é o resultado da interação das demais variáveis. O número de classes (k) foi calculado por meio da Regra de Sturges (1926), um dos métodos mais utilizado para a distribuição de valores quantitativos em classes, onde k = 1 + 3,3log(n), sendo n igual ao tamanho da amostra, ou seja, 20 anos (1998 a 2019). A amplitude do intervalo das classes (h), foi calculada por h = AA/k, onde AA é a amplitude total da amostra. Outros estudos relacionando culturas (MARTINS et al., 2011; ROSADO et al., 2017) utilizaram a regra para definir classes de acordo com suas análises.

Tabela 1- Valor dos intervalos (1999-2018) considerados de todas as classes para as três variáveis estudadas.

CLASSE	CHUVA (mm)	RENDIMENTO MÉDIO (kg/hec)	ÁREA (hec)
1	Pouco chuvoso (2198,6 - 2523,8)	Baixo (10942,8 - 12313,6)	Pequena (2151,9 - 2552,9)
2	Normal (2523,8 -2686,4)	Normal (12313,6 - 12999,0)	Normal (2552,9 - 2753,4)
3	Muito chuvoso (2686,4 - 3013,6)	Muito alto (12999,0 - 14369,8)	Grande (2753,4 - 3154,4)

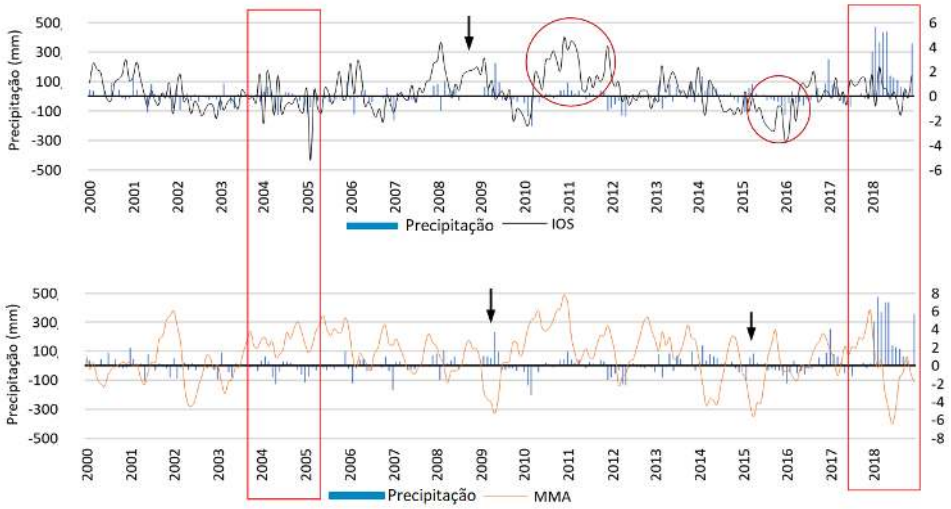
Fonte: Autor (2021).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Características do clima e da mandioca

Ao analisar o comportamento dos dois principais moduladores de precipitação da região de estudo, destacam-se dois momentos do período em questão (Figura 2): 2004-2005 e todo o ano de 2018. No primeiro momento, observa-se IOS(-) entre 2003/2004, o que significa que a bacia do Pacífico equatorial apresenta águas mais quentes que o normal, configurando o fenômeno El Niño (RONCHAIL et al., 2002), assim, desfavorece a precipitação no leste da Amazônia (ZENG et al., 2008). Isso pode ser visto sutilmente nas anomalias negativas de precipitação a partir do segundo semestre de 2004.

Figura 2 - Anomalias da área total da precipitação mensal e dos índices climáticos IOS e MMA, respectivamente, durante o período de 2000 a 2018.



Fonte: Autor (2021).

Percebe-se que outros anos também foram destacados: entre 2008/2009 o IOS(+) podendo ter favorecido volumes de chuvas acima da normal (até +200 mm). O período de 2010/2011, é marcado por IOS(+) que chegam até +4, o que deveria desfavorer a precipitação, no entanto é visivel volumes elevados de chuva. Em 2015, meses com IOS(-), desfavoreceram a precipitação em 2016, com anomalia de até -126,7mm.

No ano seguinte, o valor de anomalia de precipitação chega a ser superior a 200 mm, o que pode estar associado a valores de IOS(+) nos meses anteriores.

Diante disto, é importante também investigar a influência da TSM do Oceano Atlântico, uma variável que possui grande influência sobre os quantitativos de chuva da região e apresenta uma resposta mais rápida, devido sua proximidade com o continente. Como já exposto em Dados, o MMA é utilizado para determinar como a TSM do Oceano Atlântico se comporta, desta forma o valor positivo (negativo) do MMA, nos descreve um dipolo positivo (negativo), ou seja, aquecimento (resfriamento) das águas superficiais do Atlântico norte tropical e águas mais frias (quentes) ao sul do equador. O principal efeito do dipolo é favorecer ou desfavorecer a precipitação, através do deslocamento norte-sul da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), um dos sistemas que mais contribuem com o total de precipitação no período chuvoso na zona equatorial (ARAÚJO et al., 2013).

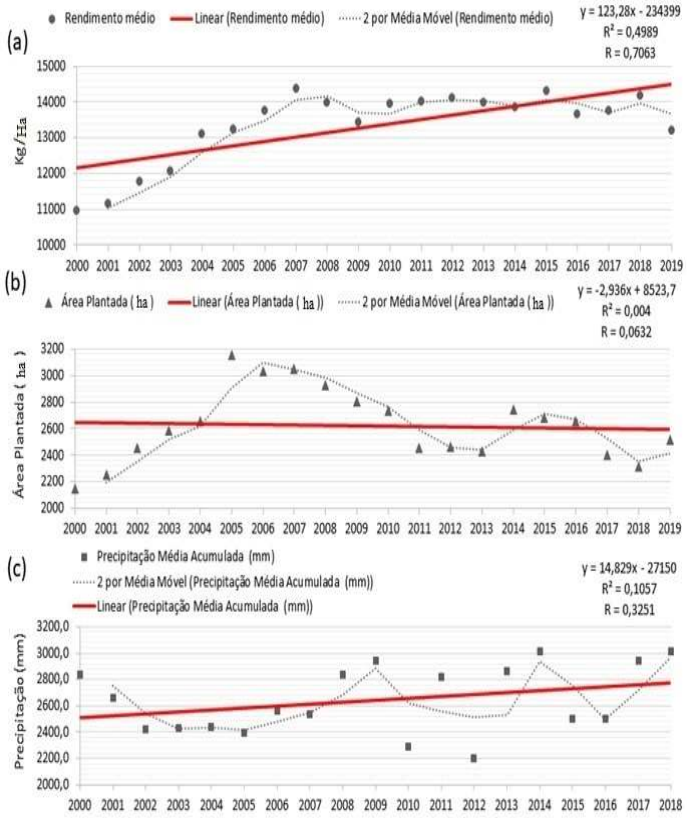
De 2004 para 2005, além da influência do IOS, é possível observar que a chuva respondeu também ao comportamento que o MMA determinou nos primeiros meses de cada ano. Têm-se valores positivos do índice com anomalias negativas de precipitação. No

ano de 2009, a influência do MMA e sua resposta de forma direta na precipitação da região de estudo fica evidente nos primeiros meses do ano, período em que a ITCZ está atuando. Verificam-se neste ano, valores negativos do índice (-1) modulando anomalias positivas da precipitação (+200 mm), ocorrendo o mesmo em 2015: MMA(-) e anomalia positiva de precipitação.

É possível ainda, a partir da Figura 2, analisar o ano de 2018 onde no primeiro semestre as anomalias de praticamente todos os meses ultrapassam +400 mm. Além da contribuição do IOS no quantitativo de chuvas desse ano, o MMA se mostra o modulador mais importante, chegando a valores de quase -6, além de que essa resposta da TSM do Atlântico nas chuvas da região de estudo é de forma direta, sem defasagem de tempo. De maneira geral, os índices apresentam fases que desfavorecem a precipitação na região durante a primeira década do período estudado – IOS(-) e MMA(+) - em contra partida, na década seguinte, observa-se a inversão dessas fases, favorecendo as chuvas.

De acordo com o apresentado na Figura 3, é evidente a tendência de aumento no rendimento médio espacial da mandioca (a) para a região, acompanhando também a tendência de aumento das chuvas (c) e o padrão de estabilidade na tendência de área plantada (b). Tais aspectos apresentados a respeito da cultura estão de acordo com o estudo feito por Gusmão, Homma e Watrin (2016), onde no período de 1990 e 2010 é apresentado que o Nordeste Paraense é uma das mesorregiões que possui as maiores variações positivas no rendimento de mandioca, pelo menos até 2010.

Figura 3 - Variabilidade média espacial de Rendimento (a) e da Área Plantada da mandioca (b) e da precipitação acumulada (c) para o período de 2000 a 2019, respectivamente.



Fonte: Autor (2021).

A partir de 2004, o rendimento médio da cultura apresenta aumento de 2000 kg/hec, chegando ao seu maior valor em 2007 (pouco mais de 14000 kg/ha). O ano de 2005 foi o terceiro com menor acumulado de chuvas, o que baseado na análise da Figura 2, infere-se que, as condições dos oceanos Pacífico e Atlântico foram responsáveis por modular a variabilidade da precipitação. Além da precipitação, existem técnicas nos sistemas de cultivo que auxiliam na melhoria da produtividade.

Nos municípios de Moju e Acará, que são grandes produtores do NDP, agricultores adotaram a técnica do "Trio da Produtividade da Mandioca" que consiste em três componentes que mais impactam na cultura, e obtiveram em 2007 uma produtividade média em torno de 60% a mais que a média estadual (ALVES; MODESTO JÚNIOR, 2020). Após 2007, houve uma diminuição no rendimento médio, que pode estar relacionado à redução da precipitação média no mesmo período. Apesar do segundo ano com menor acumulo de chuva anual ter sido 2010, no ano de 2011, essa média aumenta

consideravelmente (400 mm), logo, a variável clima deste ano (2011) pode ter influenciado o rendimento de mandioca no ano de 2012 que apresentou valor acima da média, visto que, mesmo com uma área plantada razoavelmente pequena (2450 ha aproximadamente), neste ano, o rendimento médio estava entre um dos mais altos do período (14000 kg/ha). Além disso, o aumento na produção de mandioca nas duas décadas em questão, também é discutido por Modesto Júnior e Alves (2016) que cita o fato de que o Estado do Pará foi o mais financiado com crédito do FNO (Fundo Constitucional de Financiamento do Norte) para a atividade da mandiocultura, entre 2000 e 2013, em relação aos demais estados da região Norte, com 51,51%. Bem como, é importante salientar que se considera o tamanho da área produzida, sendo pequena ou grande, levando em consideração todos os anos analisados como referência.

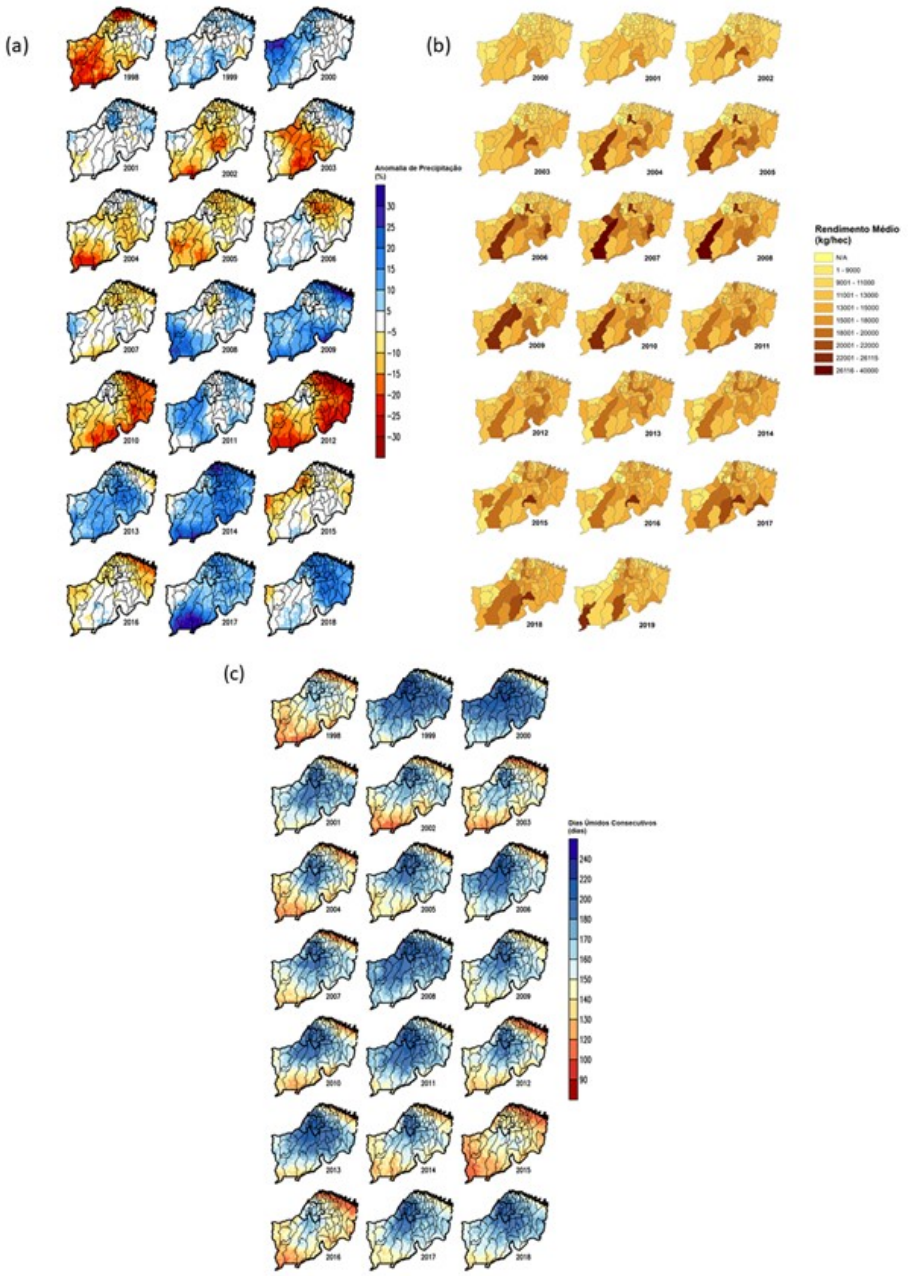
O rendimento de mandioca em 2014, ano que pode responder ao perfil de chuvas de 2012/2013, tende a diminuição após três anos de valores mais altos e áreas menores sendo plantadas. Vale ressaltar que mesmo nesses três anos, em 2014 é observada uma maior área plantada, e o rendimento mesmo assim, apresenta uma pequena queda e poderia estar relacionada também a perda de produção por apodrecimento das raízes, já que o excesso de água no solo é um fator que condiciona esse resultado (TREMACOLDI, 2016).

No estudo realizado por Gusmão, Homma e Watrin (2016), o autor destaca que o lançamento do Programa de Produção Sustentável de Palma de Óleo no Brasil em um município localizado na mesorregião de estudo, Tomé-Açú, no ano de 2010, fomentou grande redução da área plantada e da produção de mandioca nos anos posteriores. De fato, essa diminuição é observada na Figura 3 (b), entre 2011 e 2013 os valores de áreas plantadas ficaram abaixo da média. No rendimento, nesses anos, não se observa grandes alterações. O autor destaca ainda, que esta conversão de área, pode estar associada à seca no Nordeste brasileiro que promoveu uma súbita elevação no preço da farinha de mandioca em 2013. Por conseguinte, em 2015 registrou-se um rendimento maior da mandioca associado a uma redução de área plantada e que em relação a 2014 e 2013, o acumulado de precipitação na região aumentou consideravelmente. É notório o mesmo padrão relacionando chuva e rendimento nos anos posteriores, em conjunto com a diminuição de área plantada, indicando que o clima pode ter sido um fator preponderante.

Através da variabilidade da anomalia de precipitação anual apresentado na Figura 4

(a), analisaram-se as características espaciais da precipitação na área de estudo. De maneira geral, é observado durante a primeira década do período (1998 a 2007), que a maioria dos anos apresentou anomalias negativas de precipitação, o que difere da segunda década (2008 a 2018), com anomalias positivas na maior parte do período, tendo em vista que, como já exposto na Figura 2, a região sofre influências dos oceanos adjacentes. Destacam-se os anos de 1998, 2010 e 2012 com maior déficit hídrico chegando a -30%. Entre os anos de 2002 e 2005, também foram observadas anomalias negativas, principalmente na porção mais central da região e sob provável influência da TSM de ambos os oceanos. Os anos de 2009, 2014 e 2017, apresentaram um total acumulado muito acima da normal (30%).

Figura 4 - Variabilidade da anomalia de precipitação anual (%) (a) para o período de 1998 a 2018, rendimento médio anual para 2000 a 2019 (b) e dias consecutivos de chuva (c) para o período de 1998 a 2018.



Fonte: Autor (2021).

A partir da Figura 4 (b), é possível analisar o rendimento médio anual, onde dentro da primeira década, entre 2004 a 2010, observam-se valores altíssimos de rendimento em alguns municípios, já em anos posteriores esse padrão apresenta diminuição. Essa característica apresenta uma relação indireta com a anomalia de precipitação. Nota-se que os valores máximos de rendimento registrados para o período, estão entre 2002 e 2010,

período em que as anomalias de precipitação apresentam grande variabilidade espacial e temporal (negativas e positivas). Sendo assim, a complexidade da relação entre as duas variáveis é enorme, podendo ser analisada a partir da Figura 4 (c), onde se observa que mesmo para o período com anomalias negativas de precipitação, registrou-se mais de 150 dias com chuva consecutivos em grande parte da área. Nos anos de 1998, 2002 a 2005 existe uma borda muito extensa que apresenta menos de 150 dias consecutivos com chuva e anomalias negativas. Nos anos posteriores, essa borda reduz, e quase toda a região apresenta mais de 150 dias com chuva ao ano.

Na segunda década, apesar de anomalias positivas de precipitação, os dias consecutivos com chuva, reduziram, por exemplo, os anos de 2015 e 2016. Estes se destacam por apresentarem menos dias com chuva de todo o período chuvoso, ou seja, uma distribuição irregular ao longo do período e volume de acumulado alto em poucos dias. Nesse aspecto, esse padrão pode estar associado a extremos climáticos (MARENGO, 2008; ALMEIDA et al., 2017), onde ocorrem volumes altos de chuva em poucos dias (SANTOS; VITORINO; PIMENTEL, 2017).

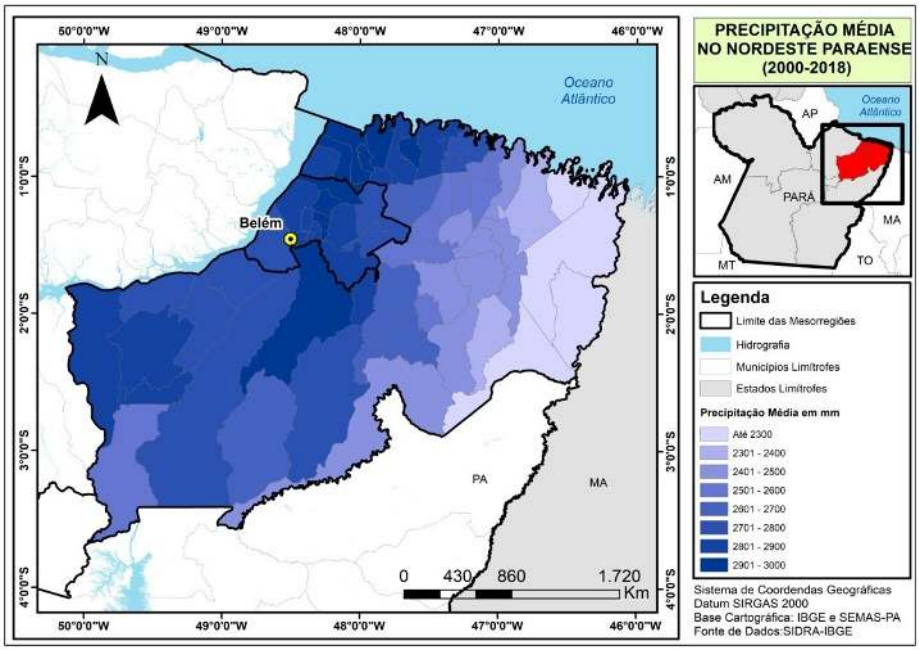
Alguns autores esclarecem que o alto volume de precipitação e distribuição irregular das chuvas durante o ano, afeta o rendimento de raízes da mandioca causando, por exemplo, o apodrecimento desta e geralmente podem ser observados a partir de 2 ou 3 meses de intensa ocorrência de chuvas e costumam causar perdas acima de 50% da produção (MODESTO JÚNIOR; ALVES, 2016; TREMACOLDI, 2016). Além da diminuição de dias consecutivos com chuva e anomalias positivas de precipitação, outro fator que pode ter influenciado nesse resultado é o pousio. Este ocorre em média de 10 a 15 anos, dependendo do tamanho da área, a cada dois anos em que o local é utilizado para a plantação. O pousio é necessário para formação da capoeira, e sua prática de maneira e no tempo incorreto, pode ocasionar redução da produtividade devido à progressiva degradação física, químicas e microbiológica do solo local original (FILGUEIRAS; HOMMA, 2016; ALVES; MODESTO JÚNIOR, 2020).

3.2 Padrão espacial histórico: clima e mandioca

Na Figura 5, observa-se um padrão de dipolo zonal (leste-oeste), com maiores

(menores) precipitações médias anuais a oeste (leste) (SANTOS et al, 2017). Como ainda pode ser notado que as maiores chuvas se concentram na região metropolitana de Belém e devido ao balanço de radiação da superfície e da atmosfera provocam efeitos termodinâmicos gerados pela ilha de calor que combinados com os transportes de vapor do oceano atlântico e da Baía de Guajará levam ao aumento das chuvas (MOREIRA et al., 2017; OKE, 1982).

Figura 5 - Precipitação média anual no NDP e RMB, durante o período de 2000 a 2018.



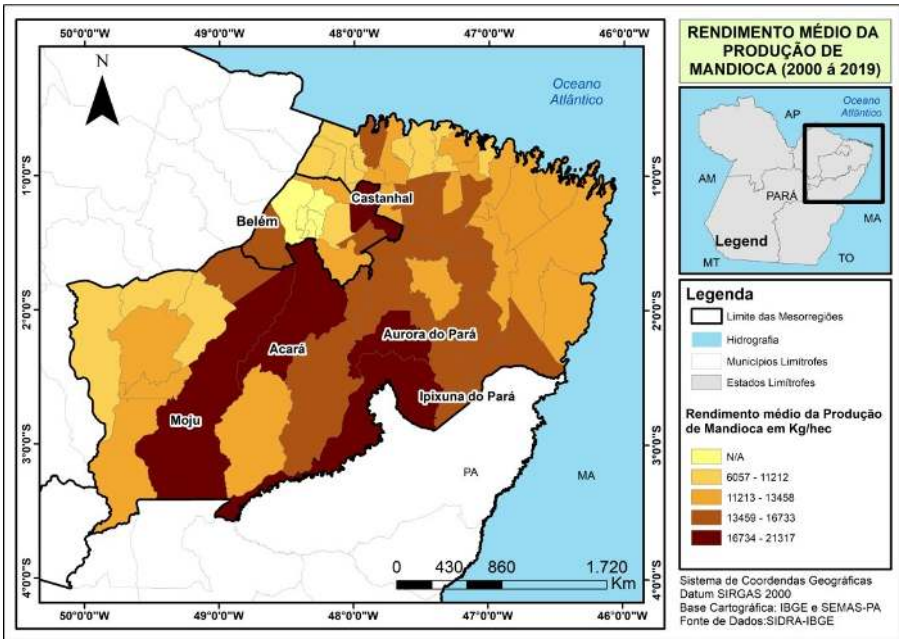
Fonte: Autor (2021).

Além disso, a região é amplamente influenciada durante todo o ano por diferentes sistemas precipitantes. O período considerado como o mais chuvoso, sendo de janeiro a abril (FISCH; MARENGO; NOBRE, 1998) está associado à atuação de sistemas de escala sinótica como a Zona de Convergência Intertropical, principalmente nos dois últimos meses desse período (março e abril), quando o sistema se desloca mais para o sul. Os Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL) (COUTINHO; FISCH, 2007), Linhas de Instabilidade (COHEN; DIAS; NOBRE, 1995) e Sistemas Convectivos de Mesoescala Circulares (SODRÉ et al., 2015) são responsáveis pela precipitação menos intensas no período menos chuvoso (junho a novembro), contando ainda com a contribuição da umidade transportada de nordeste para a região (zona litorânea), através dos ventos alísios que associada a características

topográficas contribuem para a disponibilidade de chuvas (SANTOS et al., 2017).

O rendimento médio da Mandioca durante o período de 2000 a 2019 é apresentado na Figura 6. Os municípios que apresentam os maiores valores são: Moju (21.317 kg/ha), Aurora do Pará (20.027 kg/ha), Castanhal (18.513 kg/ha), Acará (17.458 kg/ha) e Ipixuna do Pará (17.147 kg/ha). Desta maneira, algumas áreas do mapa com os maiores acumulados na média de precipitação, correspondem às áreas que compõem os maiores rendimentos de mandioca, na porção centro sul da região de estudo. Entre elas destacam-se Acará e Ipixuna que corrobora com estudos anteriores onde foram encontradas correlações positivas entre o rendimento de mandioca e o total anual de precipitação (SOUZA et al., 2017).

Figura 6 - Rendimento médio da mandioca no NDP e RMB, durante o período de 2000 a 2018.



Fonte: Autor (2021).

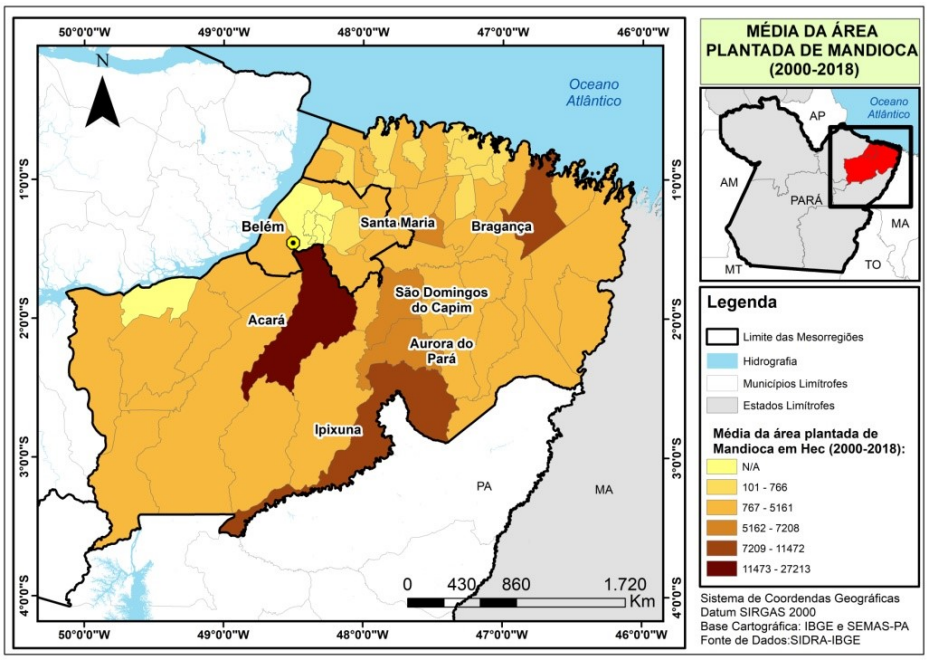
Ainda pode ser observado que, apesar da precipitação como elemento climático constituir-se uma fundamental importância para a produtividade da mandioca, nem todos os municípios com maiores acumuladores apresentam elevada produção, resultado do qual pode estar associado também à escassez de mão de obra, migração, reflorestamento, expansão da pecuária e agricultura mecanizada de grãos (GUSMÃO; HOMMA; WATRIN, 2016).

Resultado semelhante também foi encontrado por Souza et al. (2017), que mostra

que existe um padrão heterogêneo com valores de correlação positivos e negativos entre as variáveis, se alternando ao longo da região, estudo no qual foi realizado para uma parcela da região em comum com NDP, no período entre 1990 e 2014.

A figura 7 mostra que na média temporal da área plantada de mandioca, o município do Acará apresenta a maior área (cerca de 27.213 ha) em relação aos demais municípios da região de estudo. Seguido por Ipixuna (11.218 ha), Bragança (7.527 ha), São Domingos do Capim (6.010 ha), Aurora do Pará (5.746 ha), e Santa Maria do Pará (5.725 ha). É importante salientar que o município de Moju se apresenta com os maiores valores de rendimento médio da região, entretanto, não está entre os municípios com maiores áreas médias plantadas. Relação interessante essa, pois nesse caso, a área plantada não representa fator determinante para esse rendimento.

Figura 7 - Área plantada de mandioca no NDP e RMB, durante o período de 2000 a 2019.



Fonte: Autor (2021).

3.3 Extremos climáticos e de rendimentos de mandioca

Na Tabela 2, é apresentada a relação encontrada entre as variáveis, sem levar em consideração outros fatores. Na classe 1, três relações representaram 20% da série. Um provável fator para o rendimento ter sido baixo foi à área plantada, no entanto, o ano de

2003 está dentro da média histórica. Analisando somente a relação do rendimento médio alto com a precipitação, temos que 35% dos anos são pouco chuvosos, 15% são normais e 30% são muito chuvosos.

Já a relação do rendimento médio alto com a média da área plantada apresenta que 30% dos anos possuem uma área média pequena, 25% área média normal e 25% área média grande. Destacam-se ainda, os anos de 2010, 2011, 2013, 2015, 2016 e 2019, que registraram um alto rendimento médio de mandioca e que um dos fatores que pode ter influenciado foi a precipitação, já que nesses anos a área plantada média apresentou-se na classificação como “pequena” e “normal”. Por conseguinte, entre 2005 e 2009, que mesmo sendo anos classificados como “pouco chuvosos” e “normais”, obtiveram altos rendimentos da cultura o que pode ter sido influenciado por grandes áreas plantadas.

Tabela 2- Disposição das classes que relacionam as variáveis de estudo.

CLASSE	RENDIMENTO MÉDIO	PRECIPITAÇÃO	ÁREA	Fr	FR (%)	Anos
1	Baixo	Pouco chuvoso	Pequena	1	5,0	2000
		Muito Chuvoso	Pequena	2	10,0	2001/2002
		Muito Chuvoso	Normal	1	5,0	2003
2	Normal	-	-	-	-	-
3	Alto	Pouco chuvoso	Normal	2	10,0	2004/2014
		Pouco chuvoso	Grande	3	15,0	2007/2008/2009
		Normal	Grande	2	10,0	2005/2006
		Normal	Pequena	1	5,0	2017
		Muito Chuvoso	Normal	3	15,0	2010/2015/2016
		Pouco chuvoso	Pequena	2	10,0	2012/2018
		Muito Chuvoso	Pequena	3	15,0	2011/2013/2019
		TOTAL		20	100%	-

Fonte: Autor (2021).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

De forma geral, na média do período e região estudada, o rendimento médio da mandioca apresentou tendência de aumento, diferente da área plantada, que se apresenta com tendência a redução. A relação entre precipitação e o rendimento existe, onde nem sempre a segunda variável será influenciada de forma direta pela primeira. Em alguns períodos, a precipitação pode ter sido um fator relevante no rendimento da cultura, o que torna importante entender como essa precipitação é modulada por distintos fenômenos, o

IOS e MMA, entretanto, sabe-se que outros fatores em conjunto, contribuíram de forma substancial. Entre eles, técnicas de plantio para o melhoramento das plantas, manejo da cultura e incentivos governamentais, além da área plantada.

A maioria das relações entre as variáveis, que proporcionaram alto rendimento de mandioca na região, apresentam condições anômalas, tanto na precipitação como em área plantada. Vale ressaltar, que a análise foi realizada a partir de médias dos municípios dessas mesorregiões, sendo assim, pode haver resultados generalizados para toda região que poderiam se aplicar somente a alguns municípios, devido as suas particularidades no manejo e perfil de chuva. Dessa maneira, coloca-se a importância de mais estudos sobre esta cultura, buscando analisar as perspectivas do rendimento face aos cenários das mudanças climáticas, devido a relevância deste produto a nível comercial e sociocultural no estado.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao apoio científico do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCA) da Universidade Federal do Pará (UFPA) e da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES).

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Oriana *et al*. Percepção do impacto de eventos extremos sobre a produção pela população do estuário amazônico. **Revibec: revista ibero americana de economía ecológica**, v. 27, p. 59-70, 2017. Disponível em: https://www.raco.cat/index.php/Revibec/arti cle/view/328399. Acesso em: 25 jan. 2021.

ALVES, Raimundo Nonato Brabo; MODESTO JÚNIOR, Moisés de Souza. Roça sem fogo e trio da produtividade da mandioca. *In*: ALVES, Raimundo Nonato Brabo; MODESTO JÚNIOR, Moisés de Souza. **Roça sem fogo**: da tradição das queimadas à agricultura sustentável na Amazônia. 1. ed. Brasília, DF: EMBRAPA, 2020.

ARAÚJO, Rosimeire Gonzales *et al*. A influência do evento El Niño: oscilação Sul e Atlântico Equatorial na precipitação sobre as regiões norte e nordeste da América do Sul. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 43, n. 4, p. 469-480, dez. 2013. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0044-59672013000400009. Acesso em: 29 set. 2020.

BEZERRA, Francisco Assis. Declínio da produção de mandioca: os impactos econômicos no município de Santa Izabel, Estado do Pará. **Revista Agroecossistemas**, [*S.l.*], v. 6, n. 1, p. 17-

41, out. 2014. Disponível em: https://periodicos.ufpa.br/index.php/agroecossistemas/article/vi ew/1480. Acesso em: 25 nov. 2020.

COHEN, Júlia Clarinda Paiva; DIAS, Maria Assunção Faus da Silva; NOBRE, Carlos Afonso. Environmental conditions associated with Amazonian squall lines: a case study. **Monthly Weather Review**, [*S.l.*], v. 123, n. 11, p. 3163-3174, nov. 1995. Disponível em: https://journals.ametsoc.org/view/jornals/mwre/123/11/15200493_1995_123_3163_ecawa s_2_0_co_2.xml. Acesso em: 17 ago. 2020.

COSTA, Julio Cezar *et al.* Validação dos dados de precipitação estimados pelo CHIRPS para o Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, [*S.l.*], v. 24, jun. 2019. Disponível em: https:// revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/60237. Acesso em: 25 nov. 2020.

COUTINHO, Eliane de Castro; FISCH, Gilberto. Distúrbios ondulatórios de leste (DOLs) na região do Centro de Lançamento de Alcântara-MA. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 22, n. 2, p. 193-203, ago. 2007. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?scr ipt=sci_arttext&p id=S0102-77862007000200005. Acesso em: 17 set. 2020.

DA CUNHA, Gilberto Rocca *et al*. A evolução do conceito de rendimento em agricultura e as estratégias de segurança alimentar. **Revista Plantio Direto**, [*S.l.*], v. 20, n. 126, p. 8-12, 2011. Disponível em: https://www.embrapa.br/documents/1355291/17775548/Gilberto+Cunha+e+ tal_RPD+ v21%2C+n6+-+nov-dez+2011+-+O+conceito+de+rendimento.pdf/ec0ded28-5aa6-4d83-808b-a2ed1c0bb09a?version=1.0. Acesso em: 19 abr. 2021.

DANCEY, Christine; REIDY, John. **Estatística sem matemática para psicologia:** usando SPSS para Windows. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

DE MATTOS, Pedro Luiz. Pires *et al*. **Mandioca**: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2006.

FILGUEIRAS, Gisalda Carvalho; HOMMA, Alfredo Kingo Oyama. Aspectos socioeconômicos da cultura da mandioca na Região Norte. *In*: MODESTO JÚNIOR, Moisés de Souza; ALVES, Raimundo Nonato Brabo. **Cultura da Mandioca**: Aspectos socioeconômicos, melhoramento genético, sistema de cultivo, manejo de pragas e doenças e agroindústria. 1. ed. Brasília, DF: EMBRAPA, 2016.

FISCH, Gilberto; MARENGO, José Antonio; NOBRE, Carlos Afonso. Uma revisão geral sobre o clima da Amazônia. **Acta Amazônica**, [*S.l.*], v.28, n.2, p. 101-126, 1998. Disponível em: https://www.scielo.br/j/aa/a/NVRbNSn7P5z4hjtFNmMjLjx/abstract/?lang=pt. Acesso em: 15 jun. 2020.

FUNK, Chris *et al*. The climate hazards infrared precipitation with stations: a new environmental record for monitoring extremes. **Scientific data**, [*S.l.*], v. 2, p. 1-21, 2015. Disponível em: https://www.nature.com/articles/sdata201566. Acesso em: 15 mar. 2020.

GUSMÃO, Luiz Henrique Almeida; HOMMA, Alfredo Kingo Oyama; WATRIN, Orlando dos Santos. Cartographic analysis of concentration and geography of cassava in Pará State, Brazilian Amazon. **Geografia Ensino & Pesquisa**, Brasília-DF, v. 20, n. 3, p. 51-62, 2016. Disponível em: https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20173041512. Acesso em: 27 mar. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Panorama**. Brasília, DF: IBGE, 2000. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/panorama. Acesso em: 25 jul. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Panorama**. Brasília, DF: IBGE, 2010. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/panorama. Acesso em: 25 jul. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA. **Sistema de recuperação automática** (SIDRA). Brasília, DF: Pesquisa Agrícola Municipal, 2018. Disponível em: https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1618. Acesso em: 31 out. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA. **Sistema de Recuperação Automática** (SIDRA). Brasília, DF: Pesquisa Agrícola Municipal, 2019. Disponível em: https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1618. Acesso em: 31 out. 2019.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Desmatamento nos municípios**. Brasília, DF: PRODES, 2018. Disponível em: http://www.dpi.inpe.br/prodesdigital/prodesmunicipal.php. Acesso em: 25 set. 2019.

KARL, Thomas R.; NICHOLLS, Neville; GHAZI, Anver. Clivar/GCOS/WMO workshop on indices and indicators for climate extremes workshop summary. *In*: KARL, Thomas R.; NICHOLLS, Neville; GHAZI, Anver. **Weather and climate extremes**. Dordrecht: Springer, 1999.

MARENGO, José Antônio *et al*. Two contrasting severe seasonal extremes in tropical South America in 2012: flood in Amazonia and drought in Northeast Brazil. **Journal of climate**, [*S.l.*] v. 26, n. 22, p. 9137-9154, 2013. Disponível em: https://journals.ametsoc.org/view/journals/clim/26/22/j cli-d-12-00642.1.xml. Acesso em: 25 fev. 2021.

MARENGO, José Antônio. Água e mudanças climáticas. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 23, n. 63, p. 1-14, 2008. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103 -40142008000200006. Acesso em: 17 set. 2020.

MARTINS, Francielle Alline *et al*. Integration of data in studies of genetic diversity of tomato. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, v. 46, n. 11, p. 1496-1502, nov. 2011. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100204X2011001100011&script=sci_arttext&tlng=pt. Acesso em: 15 out. 2020.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Plano nacional de adaptação à mudança do clima** – Volume II: estratégias setoriais e temáticas. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2016.

MODESTO JÚNIOR, Moisés de Souza; ALVES, Raimundo Nonato Brabo. **Cultura da mandioca**: aspectos socioeconômicos, melhoramento genético, sistemas de cultivo, manejo de pragas e doenças e agroindústria. Brasília, DF: EMBRAPA, 2016.

MOREIRA, Ayobami Badiru *et al*. Eventos extremos e a cidade: estudo de caso dos impactos causados por um evento climático em área urbana. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [*S.l.*], v. 10, n. 06, p. 1730-1745, 2017. Disponível em: https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/234105. Acesso em: 15 jan. 2021.

MOURA, Maurício do Nascimento; VITORINO, Maria Isabel; ADAMI, Marcos. Análise de componentes principais da precipitação pluvial associada à produtividade de soja na Amazônia legal. **Revista Brasileira de Climatologia**, [*S.l.*], v. 22, jul. 2018. Disponível em: https://revistas.ufpr.br/revistaabclima /article/view/55109. Acesso em: 23 dez. 2020.

OKE, Timothy Richard. The energetic basis of the urban heat island. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, [*S.l.*], v. 108, n. 455, p. 1-24, jan. 1982. Disponível em: https://rmets. onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/qj.49710845502. Acesso em: 15 jan. 2021.

RONCHAIL, Josyane *et al*. Interannual rainfall variability in the Amazon basin and sea-surface temperatures in the equatorial Pacific and the tropical Atlantic Oceans. **International Journal of Climatology**, [*S.l.*], v. 22, n. 13, p. 1663-1686, nov. 2002. Disponível em: https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/joc.815?casa_token=epHOR_WuEloAAAAA:682FdJ_UP4Sp3qDroyQ6oTLllF3P1E9FVsFcjJ3RfzKsMxV-vjJDIEl-mhVLBFa_yiRtRh1_WIzziU. Acesso em: 20 out. 2020.

ROPELEWSKI, Chester F.; JONES, Phil D. An extension of the Tahiti–Darwin Southern Oscillation index. **Monthly Weather Review**, [*S.l.*], v. 115, p. 2161-2165, 1987. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/PJones3/publication/249620202_An_Extension_of_the_Tahiti-Darwin_Southern_Oscillation_Index/links/5c5bf4ba299bf1d14cb21781/An-Extension-of-the-Tahiti-Darwin-Southern-Oscillation-Index.pdf. Acesso em: 20 nov. 2020.

ROSADO, Renato Domiciano Silva *et al.* Genetic divergence between passion fruit hybrids and reciprocals based on seedling emergence and vigor. **Journal of Seed Science**, Londrina, v. 39, n. 4, p. 417-425, out./dez. 2017. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S2317-15372017000400417&script=sci_arttext. Acesso em: 15 out. 2020.

SANTOS, Marcos Ronielly da Silva *et al*. Investigação da distribuição espaço-temporal da chuva, na mesorregião metropolitana de Belém-Pará: contribuições da técnica de sensoriamento remoto. **Caminhos da Geografia**, Uberlândia, v. 18, n. 62, p. 49-58, jun. 2017. Disponível em: http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/35069. Acesso em: 10 jul. 2020.

SANTOS, Marcos Ronielly; VITORINO, Maria Isabel; PIMENTEL, Marcia Aparecida da Silva. Vulnerability and climate change: socio-environmental analysis in a mesoregion of Amazonia. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 12, n. 5, p. 842-854, set./out. 2017. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1980993X2017000500842&script=sci_arttext. Acesso em: 20 jan. 2020.

SILVA, Lindenberg Lucena da *et al*. Influence of precipitations on agricultural productivity in Paraíba State. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 4, p. 454-461, 2009. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415436 62009000400013&scri pt=sc i_arttext. Acesso em: 23 jan. 2020.

SODRÉ, Giordani Rafael et al. Estudo observacional da convecção de mesoescala em diferentes superfícies no estado do Pará. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S.l], v. 8, n.5, p. 1281-1293, 2015. Disponível em: https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/ 232958. Acesso em: 15 ago. 2020.

SOUZA, Paulo Fernando de Souza *et al.* Impactos dos anos climáticos extremos no rendimento da lavoura temporária de Mandioca na região rural da metrópole de Belém-Pará. **Revista Brasileira de Climatologia**, [*S.l.*], v. 21, jul./dez. 2017. Disponível em: https://revis tas.ufpr.br/revistaabclima/article /view/51459. Acesso em: 10 jun. 2020.

SPIEGEL, Murray Ralph. **Estatística**. São Paulo: McGraw-HILL, 1972.

STURGES, Herbert Arthur. The choice of a class interval. **Journal of the American Statistical Association**, [*S.l.*], v. 21, n. 153, p. 65-66, mar. 1926. Disponível em: https://www .jstor.org/stable/2965501?seq= 1#metadata_info_tab_contents. Acesso em: 15 jan. 2021.

TREMACOLDI, Célia Regina. Manejo das principais doenças da cultura da mandioca no estado do Pará. *In*: MODESTO JÚNIOR, Moisés de Souza; ALVES, Raimundo Nonato Brabo. **Cultura da mandioca**: aspectos socioeconômicos, melhoramento genético, sistemas de cultivo, manejo de pragas e doenças e agroindústria. 1. ed. Brasília, DF: EMBRAPA, 2016.

TROUP, A. J. The southern oscillation. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society,** [S.l.], v. 102, p. 490-506, 1965. Disponível em: https://rmets.onlinelibrary.wiley.com /doi/abs/10.1002/qj.49709139009. Acesso em: 20 nov. 2020.

ZENG, Ning *et al*. Causes and impacts of the 2005 Amazon drought. **Environmental Research Letters**, [*S.l.*], v. 3, n. 1, p. 1-9, jan. 2008. Disponível em: https://iopscience.iop. org/article/10.1088/1748-9326/3/1/014002/meta. Acesso em: 11 set. 2020.