

## Produção agropecuária e precipitações no estado do Maranhão: uma análise multivariada a partir dos censos agropecuários de 2006 e 2017


Alexandra Pedrosa Monteiro<sup>1</sup>

 <https://orcid.org/0000-0003-1797-0786>

Kilmer Coelho Campos<sup>2</sup>

 <https://orcid.org/0000-0003-3475-4495>

José de Jesus Souza Lemos<sup>3</sup>

 <https://orcid.org/0000-0003-1460-0325>

Erika Costa Souza<sup>4</sup>

 <https://orcid.org/0000-0003-3267-2779>

Laura Cunha Rebouças Lessa<sup>5</sup>

 <https://orcid.org/0000-0002-5000-3002>

*Recebido em: 10/01/2022*

*Aprovado em: 17/04/2023*

### Resumo

O objetivo geral da pesquisa consiste em analisar de que forma a distribuição espacial e temporal da pluviometria influenciou na produção agrícola do estado do Maranhão, realizando um comparativo entre as Unidades Agrícolas Familiares (UAF) e Unidades Agrícolas Não Familiares ou Patronais (UAP) nas Regiões Homogêneas de Precipitação (RHP) maranhenses, divididas por Menezes (2009) com base nas condições climáticas, sobretudo na distribuição pluviométrica, nos anos de 2006 e 2017. Para tanto foi utilizada a metodologia de análise multivariada e modelo de regressão linear. Os dados utilizados foram coletados do Sistema de Recuperação Automática (SIDRA) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

<sup>1</sup> Doutoranda pelo Programa de Pós-Graduação em Economia Rural (PPGER) da Universidade Federal do Ceará (UFC). E-mail: [alexandramonteiro6@hotmail.com](mailto:alexandramonteiro6@hotmail.com)

<sup>2</sup> Professor Associado III do Departamento de Economia Agrícola da Universidade Federal do Ceará e Doutor em Economia Aplicada pela Universidade Federal de Viçosa. E-mail: [kilmer@ufc.br](mailto:kilmer@ufc.br)

<sup>3</sup> Professor Titular do Departamento de Economia Agrícola e do Programa de Pós-Graduação em Economia Rural (PPGER) da Universidade Federal do Ceará e Pós-Doutor em Economia dos Recursos Naturais e do Meio Ambiente pela Universidade da Califórnia, Riverside, USA. E-mail: [lemos@ufc.br](mailto:lemos@ufc.br)

<sup>4</sup> Doutoranda pelo Programa de Pós-Graduação em Economia Rural (PPGER) da Universidade Federal do Ceará – UFC. E-mail: [erikacosta115@gmail.com](mailto:erikacosta115@gmail.com)

<sup>5</sup> Doutoranda pelo Programa de Pós-Graduação em Economia Rural (PPGER) da Universidade Federal do Ceará – UFC. E-mail: [laura\\_crlessa@alu.ufc.br](mailto:laura_crlessa@alu.ufc.br)

(IBGE), do Censo Agropecuário dos anos de 2006 e 2017. Os resultados mostraram que as UAP obtiveram valores mais elevados que a UAF no índice de produtividade do estado do Maranhão. Também pode-se inferir que a variável pluviometria está mais relacionada as Unidades de Agricultura Familiares, considerando os anos de 2006 e 2017.

**Palavras-chave:** Clima. Produção Agrícola. Unidades Agrícolas Familiares. Unidades Agrícolas Não Familiares ou Patronais.

**Código JEL:** I21, O15

## **Agricultural production and precipitations in the state of Maranhão: a multivariate analysis based on the 2006 and 2017 agricultural censuses**

The general objective of the research is to analyze how the spatial and temporal distribution of rainfall influenced agricultural production in the state of Maranhão, making a comparison between Family Agricultural Units (FAPU) and Non-Family or Patron Agricultural Units (UAP) in the Maranhão Homogeneous Rainfall Regions (RHP), divided by Menezes (2009) based on climatic conditions, especially rainfall distribution, in the years 2006 and 2017. For this, the methodology of multivariate analysis and linear regression model was used. The data used were collected from the Automatic Recovery System (SIDRA) of the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE), from the Agricultural Census of the years 2006 and 2017. The results showed that the UAP obtained higher values than the UAF in the productivity index of the state of Maranhão. It can also be inferred that the pluviometry variable is more related to the Family Farming Units, considering the years 2006 and 2017.

**Keywords:** Climate. Agricultural Production. Family Agricultural Units. Non-Family or Patronal Agricultural Units.

**JEL code:** I21, O15

### **Introdução**

Os níveis de produtividade das culturas são fundamentais para o desenvolvimento regional do setor produtivo e são afetados por diversos fatores, dentre eles, a constante incidência de diferentes condições climáticas nos ambientes agrícolas no decorrer do seu período produtivo. Sendo assim, estudos acerca da relação dos níveis de produtividade nos ambientes agrícolas e suas características agroclimáticas são de grande importância, pois contribuem para a definição de ações, estratégias, investimentos e políticas públicas.

Além das características climáticas, os ambientes agrícolas também são caracterizados conforme a produção agrícola em Unidades Agrícolas Familiares (UAF) e Unidades Agrícolas Não Familiares ou Patronais (UAP), sendo as UAF expressivas em áreas carentes, devido serem concomitantemente unidades de produção, fomentadoras de renda monetária para as famílias rurais através da comercialização de excedentes, consumo próprio, provendo segurança alimentar aos membros da família rural e, unidades de afeição com o ambiente, contribuindo para a não ocorrência de êxodo rural devido dificuldades nas atividades produtivas e para o

apego ao ambiente em que os antepassados sempre viveram (Chayanov, 1966; Lemos, 2015).

As UAF consistem em um meio de organização das produções agrícola, florestal, pesqueira, pastoril e aquícola gerenciadas e operadas por uma família e predominantemente dependem de mão de obra familiar. A família e a exploração estão vinculadas, coevoluem e combinam funções econômicas, ambientais, reprodutivas, sociais e culturais (SIMON, 2014).

A agricultura patronal se diferencia da agricultura familiar, utilizando em maiores proporções os trabalhadores contratados, fixos ou temporários. São unidades, em geral, intensivas em capital, mais tecnificadas, que visam elevar a produtividade do trabalho utilizando mais maquinários. Em geral, mas não necessariamente, ocupa propriedades de médios e grandes portes e, neste tipo de agricultura, a gestão das atividades são mais profissionalizadas (Guanziroli *et al.* 2001).

O Censo Agropecuário 2017 apontou que 77% dos estabelecimentos agropecuários brasileiros são classificados como UAF, o que corresponde a cerca de 3,9 milhões de estabelecimentos, abrangendo uma área de 80,9 milhões de hectares equivalente a 23% da área de todos os estabelecimentos agropecuários do País e empregando 67% de todo o pessoal ocupado na atividade agropecuária no País o que equivale a aproximadamente 10,1 milhões de pessoas, sendo a região Nordeste a com maior percentual de pessoas ocupadas, com 46,6%. Por fim, o Censo Agropecuário 2017 ainda aponta que a agricultura familiar é a estrutura da economia de 90% dos municípios brasileiros com até 20 mil habitantes (IBGE, 2019b).

O estado do Maranhão, localizado na região Nordeste do Brasil, possui uma área de 331.859,08 km<sup>2</sup>, com 640 km de litoral, sendo o oitavo em extensão territorial do Brasil e o segundo do Nordeste, bem como o segundo maior litoral brasileiro (IBGE, 2019b), possui também, conforme dados do Censo Agropecuário 2017, um total de 219.765 estabelecimentos agropecuários e é caracterizado pela abundância de recursos naturais e pela grande diversidade de ecossistemas (Costa Neto *et al.*, 2008; IBGE, 2019b; Lemos, 2014).

De acordo com o relatório de 2019 do Zoneamento Agropecuário do Estado do Maranhão (ZAMA), as atividades agrícolas ainda são feitas, na maior parte do Estado, de forma desordenada sem o prévio conhecimento das condições climáticas e dos solos, conhecimentos estes, fundamentais para o desenvolvimento do setor produtivo, pois agravam o risco de perdas na produção agropecuária. Conforme Menezes (2009) a realização de estudos que abordem as características agroclimáticas e sua relação com os níveis de produtividade dos cultivos são de suma importância para a promoção do desenvolvimento do meio rural, beneficiando produtores, instituições de financiamento agrícola e auxiliando o governo no direcionamento das políticas públicas voltadas para o setor. Por fim, Menezes (2009), ainda identificou e mapeou, para o Maranhão, 10 regiões com padrões de chuvas distintos entre si, mas com condições homogêneas nos municípios que compõem o mesmo grupo, denominados de Regiões Homogêneas de Precipitação (RHP).

Assim, conforme o exposto, o presente estudo procurou responder aos seguintes questionamentos: 1) Qual o comportamento médio da precipitação pluviométrica nas dez RHP do Maranhão nos anos de 2006 e 2017? e 2) Como se comportaram as produtividades vegetal e pecuária nas RHP, referentes às UAF) e as UAP, nos anos de 2006 e 2017.

O objetivo geral da pesquisa consiste em analisar de que forma a distribuição espacial e temporal da pluviometria influenciou na produção agrícola do estado do Maranhão, realizando um comparativo entre as Unidades Agrícolas Familiares (UAF) e Unidades Agrícolas Não Familiares ou Patronais (UAP) e nas RHP maranhenses nos anos de 2006 e 2017.

Os objetivos específicos são: a) Verificar a existência de diferenças nas médias pluviométricas entre os anos estudados, bem como nas RHP maranhenses; b) aferir se há diferenças entre as UAF e UAP acerca da interação entre pluviometria; c) mensurar as diferenças/similaridades de pluviometria nas RHP maranhenses; d) construir um índice que mensure as diferenças produtivas entre as UAF e UAP, em 2006 e 2017.

## Referencial Teórico

### *Agricultura familiar e patronal no Maranhão*

A Lei n. 11.326, de 24 de julho de 2006 estabeleceu as diretrizes para a formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares Rurais (Brasil, 2006), considerando agricultor familiar e empreendedor familiar rural aquele que pratica atividades no meio rural, atendendo, simultaneamente, os requisitos de não deter, a qualquer título, área maior do que 4 módulos fiscais; utilizar predominantemente mão de obra da própria família nas atividades econômicas do estabelecimento ou empreendimento; ter percentual mínimo da renda familiar originada de atividades econômicas do estabelecimento ou empreendimento, na forma definida pelo Poder Executivo; e dirigir o estabelecimento ou empreendimento com a família.

A Tabela 1 apresenta, respectivamente, o número de estabelecimentos agropecuários, a área ocupada e o pessoal ocupado nestes estabelecimentos no estado do Maranhão nos anos de 2006 e 2017 (IBGE, 2019a, 2019b).

**Tabela 1** – Número, área e pessoal ocupado nos estabelecimentos agropecuários do Maranhão – 2006

Tipo de Agricultura	Estabelecimentos		Área Ocupada (ha)		Pessoal Ocupado	
	Totais	(%)	Totais	(%)	Totais	(%)
<b>2006</b>						
Familiar	262.042	91,29	4.514.639	34,64	857.931	86,52
Não Familiar	24.997	8,71	8.518.929	65,36	133.669	13,48
Total	287.039	100,0	13.033.568	100,0	991.600	100,0
<b>2017</b>						
Familiar	187.118	85,14	3.780.319	30,88	697.236	77,64
Não Familiar	32.647	14,85	8.458.170	69,11	200.810	22,36
Total	219.765	100,0	12.238.489	100,0	898.046	100,0

Fonte: IBGE (2019a, 2019b).

As evidências mostradas na Tabela 1 sugerem que entre 2006 e 2017 houve uma retração no número de estabelecimentos agropecuários e que total dos estabelecimentos das UAF assim como das áreas ocupadas nessas unidades se reduziram entre aqueles dois períodos censitários. Como decorrência houve um avanço bastante significativo dos empreendimentos das unidades agrícolas não

familiares (UAP). Assim, apesar da maioria dos estabelecimentos agropecuários do Maranhão serem UAF, tanto em 2006 como em 2017, e estas ainda possuírem uma maior quantidade de pessoal ocupado, pode-se observar uma pequena tendência de redução destes estabelecimentos e de migração da força de trabalho da agricultura para as UAP.

No âmbito agrícola, o Maranhão tem mostrado tendências de crescimento ao longo dos anos. De acordo com o levantamento da produção agrícola realizado pelo IBGE (2019a), a produção de soja em 2006 representou 27% da produção do Nordeste do Brasil. O Maranhão é o maior produtor de arroz do Nordeste, com 60% da produção regional e um dos maiores produtores do Brasil, sendo cultivado predominantemente em condições de sequeiro em pequenas propriedades, com baixo grau tecnológico. O estado também se destaca na produção de milho e mandioca e cana-de-açúcar.

Os dados do Censo Agropecuário de 2017 demonstram que a agricultura maranhense apresentou expansão na produção da lavoura da soja, na região do MATOPIBA, bem como crescimento da pecuária leiteira. Essa expansão dos últimos anos gerou muitos avanços tecnológicos, introdução de técnicas modernas de plantio, colheita e processamento de grãos, além de intensificação do processo de mecanização da agricultura.

O planejamento para atividades agrícolas passa pelo conhecimento das características e condições climáticas da região. Em relação ao estado do Maranhão, a distribuição espacial e temporal da precipitação é bastante irregular, o que submete o sistema agrícola local a sérios problemas (Menezes, 2009).

## Metodologia

### *Caracterização das Regiões Homogêneas de Precipitação*

O estado do Maranhão localiza-se em uma área de transição climática, entre o Nordeste brasileiro semiárido e Amazônia quente e úmida, além de outros fatores que interferem na variabilidade espacial e temporal das chuvas. Desta forma, a divisão dos municípios maranhenses em 10 RHP propostas por Menezes (2009), visou alocar os municípios em grupos de estações pluviométricas onde os padrões de precipitação são homogêneos. A Tabela 2 apresenta a divisão e características das 10 RHP.

**Tabela 2** - Dados das Regiões Homogêneas de Precipitação do Maranhão

REGIÕES	Nº MUNICÍPIOS	ÁREA TOTAL(km <sup>2</sup> )	% ÁREA	MÉDIA DE CHUVAS (mm)
RHP 1	42	33.019,33	9,95	2.055
RHP 2	24	35.912,73	10,82	1.577
RHP 3	25	24.095,50	7,26	1.300
RHP 4	23	28.332,65	8,54	1.577
RHP 5	24	47.871,81	14,43	1.879
RHP 6	18	21.332,99	6,43	1.220
RHP 7	21	35.884,16	10,81	1.222
RHP 8	26	45.512,04	13,71	1.245
RHP 9	7	16.214,78	4,89	1.544
RHP 10	7	43.683,09	13,16	1.317
<b>TOTAL</b>	<b>217</b>	<b>331.859,08</b>	<b>100</b>	

Fonte: Relatório de 2019 do Zoneamento Agropecuário do Estado do Maranhão (ZAMA).

A RHP1, localizada no Noroeste, corresponde à área mais chuvosa do estado, com média de 2.055 mm anuais. A RHP2, abrange principalmente a microrregião da

baixada, Centro Sul da microrregião do Gurupi e, centro da microrregião de Pindaré. Na região o total anual de chuvas é de 1.577 mm. A RHP3, compreende as microrregiões geográficas de Rosário e Itapecuru Mirim. O total pluviométrico médio anual é de aproximadamente 1.300 mm. A Região Homogênea de Precipitação (RHP4), localizada no Nordeste do Estado apresenta média anual de chuva de 1.577 mm. A Região Homogênea de Precipitação (RHP5), abrange uma área localizada no Centro-Oeste do estado do Maranhão.

O total pluviométrico médio anual nessa região é 1.879 mm. A Região Homogênea de Precipitação (RHP6), localizada no leste do estado do Maranhão e possui média anual de precipitação de 1.220 mm. A Região Homogênea de Precipitação (RHP7), localizada no Sudoeste do estado do Maranhão e a pluviosidade média da região é de 1.222 mm/ano. A Região Homogênea de Precipitação (RHP8), localizada no Sudeste do estado, com média anual de precipitação de 1.245 mm. A Região Homogênea de Precipitação (RHP9), localizada no Sudeste do estado, com índice pluviométrico médio de 1.544 mm anual. A Região Homogênea de Precipitação (RHP10), localizada no sul do estado do Maranhão, com índice pluviométrico anual médio de 1.317 mm (Maranhão, 2019; Menezes, 2009; Rocha, 2018). Como as RHP 9 e RHP 10 são as que possuem menor quantidade de municípios, resolveu-se agrupá-las, a fim de equilibrar a quantidade de municípios. Desta forma, para as análises que decorrerão na pesquisa, considerou-se nove RHP.

#### *Natureza e fonte de dados*

Para avaliar de que forma a distribuição espacial da pluviometria influenciou na produção agrícola no estado do Maranhão nas UAF e nas UAP utilizou-se dados do Sistema de Recuperação Automática (SIDRA) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), dados dos Censos Agropecuários dos anos de 2006 e 2017 e do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Todos os valores nominais foram corrigidos tomando por base o ano de 2020, utilizando-se o IGP-DI da Fundação Getúlio Vargas. Foram utilizadas 11 variáveis para o desenvolvimento das análises, assim foram empregadas  $X_{ij}$ , sendo  $i = 1, 2, \dots, 216$  municípios;  $j = 1, 2, \dots, 11$ . As variáveis utilizadas na pesquisa estão descritas no Quadro 1.

**Quadro 1** – Descrição das variáveis utilizadas na pesquisa

Variáveis	Definição
$Z_{i1}$	Precipitação de chuvas (mm)
$Z_{i2}$	Área relativa com lavouras permanentes (%)
$Z_{i3}$	Área relativa com lavouras temporárias (%)
$Z_{i4}$	Área relativa com pastagens (%)
$Z_{i5}$	Pessoal ocupado
$Z_{i6}$	Valor da produção vegetal em relação ao Pib do município (%)*
$Z_{i7}$	Valor da produção pecuária em relação ao Pib do município(%)*
$Z_{i8}$	Pib agrícola em relação ao Pib total *
$Z_{i9}$	Produtividade de lavoura (%)
$Z_{i10}$	Produtividade de pastagem (%)
$Z_{i11}$	Valor do financiamento obtido por município em valores corrigidos para 2020*

\*Valores atualizados pelo IGP-DI 2020 dos respectivos anos 2006 e 2017.

**Fonte:** Elaborado pelos autores.

Todas as análises foram realizadas no software *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) versão 20.

### *Estatística descritiva*

A estatística descritiva é a primeira etapa da análise de dados, sendo utilizada para resumir e compreender os dados. Desta forma, analisou-se as estatísticas descritivas para cada uma das variáveis, confrontando os resultados das UAF com as UAP.

A fim de analisar a homogeneidade ou heterogeneidade, utilizou-se o coeficiente de variação (CV) que é o percentual do desvio padrão em relação à média. O CV é utilizado como aferidor da dispersão dos dados observados de uma variável aleatória em torno da sua média e pode ser interpretado como uma média de homogeneidade/heterogeneidade da distribuição das observações em torno das respectivas médias. De acordo com Gomes (1985), pode-se classificar o CV em baixo ( $CV < 10\%$ ), médio ( $10\% \leq CV < 20\%$ ), alto ( $20\% \leq CV < 30\%$ ) ou muito alto ( $CV \geq 30\%$ ). Quanto maior for o CV, mais heterogênea será a distribuição.

### *Modelo de regressão por regiões homogêneas de precipitação para avaliar as diferenças entre as pluviometrias ocorridas em 2006 e 2017*

O estudo acredita que as diferenças produtivas entre os anos de 2006 e 2017 e entre as RHP do Maranhão acontecem, entre outras razões, devido às diferenças pluviométricas, portanto para dar sequência a esta análise é preciso constatar se há diferenças significativas entre os anos e entre as RHP. Desse modo, a fim de definir a diferença ou a igualdade estatística no volume de chuvas, utilizou-se o modelo de regressão linear.

Para detectar diferenças de pluviometrias médias nos municípios entre os anos de 2006 e 2017 utilizou-se o modelo apresentado na equação 1:

$$Y_{ij} = \beta_0 + \beta_1 D + \varepsilon_{ij} \quad (1),$$

em que: a variável  $Y_{ij}$  é a pluviometria total associada a  $i$ -ésima observação ( $i = 1, 2, 3, \dots, 184$ ) no  $j$ -ésimo ano ( $j = 2006, 2017$ ), e  $D$  representa uma variável binária.  $D = 0$  para as observações das pluviometrias dos municípios no ano de 2006;  $D = 1$  para as observações das pluviometrias dos municípios em 2017. O coeficiente linear ( $\beta_0$ ) será a média da pluviometria em 2017. O coeficiente angular ( $\beta_1$ ), sendo estatisticamente diferente de zero, significa que as pluviometrias médias dos municípios maranhenses são diferentes entre 2006 e 2017. Neste caso, sendo somado ao valor estimado para ( $\beta_0$ ) aferirá a pluviometria média para o ano de 2006.  $\varepsilon_{ij}$  é o termo aleatório.

Para testar as diferenças entre as pluviometrias das RHP, testam-se as diferenças para 2006 e para 2017. Neste caso a equação utilizada foi:

$$Y_{ij} = \beta_0 + \beta_1 D_1 + \beta_2 D_2 + \beta_3 D_3 + \beta_4 D_4 + \beta_5 D_5 + \beta_6 D_6 + \beta_7 D_7 + \varepsilon_{ij} \quad (2).$$

Neste caso,  $Y_{ij}$  é a pluviometria dos municípios no ano  $j$  ( $j = 2006, 2017$ ), as variáveis  $D_k$  ( $k = 1, 2, \dots, 8$ ) são *dummies* (binárias) que assumem os seguintes valores:

$D_1 = 1 = \text{RHP } 1 = 0 = \text{Demais regiões};$   
 $D_2 = 1 = \text{RHP } 2 = 0 = \text{Demais regiões};$   
 $D_3 = 1 = \text{RHP } 3 = 0 = \text{Demais regiões};$   
 $D_4 = 1 = \text{RHP } 4 = 0 = \text{Demais regiões};$   
 $D_5 = 1 = \text{RHP } 5 = 0 = \text{Demais regiões};$   
 $D_6 = 1 = \text{RHP } 6 = 0 = \text{Demais regiões};$   
 $D_7 = 1 = \text{RHP } 7 = 0 = \text{Demais regiões};$   
 $D_8 = 1 = \text{RHP } 8 = 0 = \text{Demais regiões};$

Quando  $D_1 = D_2 = D_3 = D_4 = D_5 = D_6 = D_7 = D_8 = 0$  o coeficiente linear da equação (2) será a pluviometria média da RHP 9. Caso os  $\beta_k$  ( $k = 1, 2, \dots, 7$ ) forem estatisticamente diferentes de zero, significa que as pluviometrias médias das regiões são diferentes. A respeito da RHP 9 e RHP 10 elas foram agrupadas pois cada uma só possuía 7 municípios, contendo deste modo um grau de liberdade muito pequeno para a análise da metodologia proposta. Desse modo, decidiu reunir a RHP 10 na RHP 9. A RHP 9 não irá aparecer pois quando gerarmos o cálculo da metodologia e montar a equação ela será a constante.

O termo aleatório  $\varepsilon_{ij}$ , por hipótese, também é ruído branco, que consiste em uma série de variáveis aleatórias não correlacionadas, cuja expectativa é zero e possuem variância constante. Caso se confirme que as hipóteses estão associadas aos termos aleatórios, os coeficientes lineares e angulares das equações (1) e (2) podem ser estimados o método dos Mínimos Quadrados Ordinários (Gujarati; Porter, 2011; Wooldridge, 2011).

### *Análise fatorial para construção do Índice de Produção Agrícola (IPA) no Maranhão*

Segundo Hair *et al.* (2005, p. 33, 143) o objetivo dessa técnica é “encontrar um meio de condensar a informação contida em várias variáveis originais em um conjunto menor de variáveis estatísticas (fatores) com uma perda mínima de informação”. Em outras palavras a análise fatorial irá agrupar um conjunto inicial de grande quantidade de variáveis, em um número menor de fatores, cada fator conterá variáveis que se inter-relacionem e que também são capazes de explicar o seu comportamento.

A Análise Fatorial transforma grandes números de variáveis em um número reduzido de fatores, explicando, de forma clara, as variáveis originais (Manly, 1994).

Em termos matemáticos, o objetivo da análise fatorial é agrupar  $i$  variáveis ( $X_1, X_2, \dots, X_i$ ) em um número menor de  $j$  fatores ( $F_1, F_2, \dots, F_j$ ).

A análise fatorial pode ser representada por meio da Equação 3, em que pode-se supor que a variação total em uma variável pode ser explicada por um conjunto de fatores o que permite inferir, ainda, que o comportamento de uma variável  $X_i$  pode ser explicado por um conjunto de fatores  $F$ :

$$X_i = \alpha_{i1} F_1 + \alpha_{i2} F_2 + \dots + \alpha_{ij} F_j + \varepsilon_i \quad (i = 1, \dots, p) \quad (3),$$

em que:

$X_i$ : variáveis padronizadas;  
 $\alpha_i$ : cargas fatoriais



$\varepsilon_i$ : erros ou parcela de variação da variável  $i$  que não pode ser explicada por nenhum dos fatores.

Para que essa técnica possa ser empregada, alguns pressupostos devem ser atendidos como: normalidade; linearidade e correlação significativa entre as variáveis (Hair *et al.*, 2005). Para que a técnica seja viável, é fundamental que a matriz de correlação entre as variáveis não seja uma identidade.

Assim, existem outros três critérios que precisam ser verificados para que se justifique o uso da análise fatorial, quais sejam: Teste de esfericidade de Bartlett, Estatística de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) e Matriz Anti-Imagem.

O teste de esfericidade de Bartlett avalia a hipótese de a matriz de correlação ser ou não uma matriz identidade, cujo determinante é igual a 1 (Fávero *et al.*, 2009). A estatística do teste de esfericidade de Bartlett deve ser estatisticamente significativa a 5% ( $p < 0,05$ ), ou seja,  $p$ -value deve ser menor que 0,05 para que a hipótese nula seja rejeitada.

A estatística KMO possui valores que variam de 0 a 1, avalia a adequação da amostra quanto ao grau de correlação parcial entre as variáveis, que deve ser pequeno. Quanto mais próximo de 1 melhor é a relação entre as variáveis e os fatores.

Fávero *et al.* (2009) recomenda a adequação para análise fatorial, de acordo com o resultado do KMO, conforme Quadro 2.

**Quadro 2** - Adequação do KMO para Análise fatorial

Estatística KMO	Adequação para Análise fatorial
1,0	Muito boa
$0,8 < 0,9$	Boa
$0,7 < 0,8$	Média
$0,6 < 0,7$	Razoável
$0,5 < 0,6$	Má
$< 0,5$	Inaceitável

Fonte: Fávero (2009).

De acordo com Hair *et al.* (1998), valores de KMO acima de 0,50, individualmente para cada variável ou para a matriz completa, indicam ser apropriada a aplicação da Análise Fatorial.

Conforme Mingoti (2005), o teste KMO é dado pela Expressão 4:

$$KMO = \frac{\sum_{i \neq j} \sum r_{ij}^2}{\sum_{i \neq j} \sum r_{ij}^2 + \sum a_{ij}^2} \quad (4).$$

Utilizou-se o método de rotação de fatores afim de identificar melhor quais variáveis estão sendo melhor explicadas por um fator, uma vez que as variáveis apresentam cargas fatoriais iguais. O método de rotação transforma os coeficientes dos componentes principais visando facilitar a interpretação dos fatores. Conforme Dyer (1975), a rotação das “cargas fatoriais”, elimina ambiguidades dos dados e não afeta a variância total explicada pelos componentes principais, produzindo valores mais discriminados e possibilitando melhor interpretação dos dados.

Há dois tipos de rotação: ortogonais e oblíquos. No entanto, para esse estudo foi utilizado a ortogonal, o qual cria fatores que não se relacionam entre si e devem ser interpretados através de suas cargas fatoriais, ou seja, relação entre o fator e as variáveis.

Dentre os métodos de rotação ortogonal, destaca-se o Varimax, que é o mais usado quando se utiliza análise fatorial com transformação ortogonal e o que foi aplicado nesta pesquisa. O Varimax reduz o número de variáveis com cargas altas em diferentes fatores, possibilitando a junção de uma variável a um único fator, logo cada grupo de variáveis pertencerá a um fator. Destaca-se que a rotação não altera a comunalidade das variáveis (Fávero *et al.*, 2009).

Os escores fatoriais (*factor scores*) gerados são os valores do produto da matriz de coeficientes de cada fator pela matriz transposta das variáveis padronizadas para cada unidade da amostra.

Supõe-se antecipadamente que os escores relacionados aos municípios apresentasse distribuição simétrica em redor da média zero. Desta forma, uma parte dos escores fatoriais foram positivos e outros negativos. A fim de conter que a elevação da magnitude dos índices relacionados a estes municípios seja ocasionada pelos altos escores fatoriais negativos, foi realizada a transformação dos escores fatoriais aplicando a Equação 5 para levá-lo ao primeiro quadrante:

$$F_{ij} = \frac{F - F_{min}}{F_{máx} - F_{min}} \quad (5),$$

em que:  $F_{min}$  e  $F_{max}$  são os valores mínimo e máximo observados para os escores fatoriais associada cada município. Desta forma, todos os escores fatoriais irão continuar no intervalo fechado entre zero (0) e um (1).

O índice de produção agrícola foi construído através da transformação dos escores fatoriais em média geométrica, conforme demonstrado na Equação 6:

$$IPA_{ij} = \sqrt[x]{\prod F_{ij}} \quad (6),$$

em que:  $IPA_{ij}$  é o índice de produção agrícola associado ao  $i$ -ésimo município maranhense. Esses valores variarão entre zero e um.

Em seguida, converteu-se o índice para base 100, fazendo o maior valor gerado igual a 100 e os demais se ajustando de acordo com o que está mostrado na equação (7):

$$IPA_{ij100} = \left( \frac{\text{Índice } i \text{ observado no município } j}{\text{Valor máximo observado do índice}} \right) \times 100 \quad (7).$$

Construído desta forma, quanto mais próximos de 100% forem os valores estimados para o IPA, melhores terão sido as condições de produção agregada dos municípios. O inverso é verdadeiro, na medida em que os IPA se aproximam de zero.

Logo, na próxima seção serão apresentados todos os resultados alcançados com a metodologia aplicada.

## Resultados e Discussão

### *Análise de diferenças nas médias pluviométricas das Regiões Homogêneas de Precipitação entre os anos de 2006 e 2017*

As principais estatísticas foram apresentadas na Tabela 3, onde tem-se as médias e os coeficiente de variação (CV) para as onze variáveis selecionadas.

**Tabela 3** - Médias e coeficientes de variações (CV) das variáveis utilizadas na pesquisa nas UAF e nas UAP em 2006 e 2017

Variáveis	UAF				UAP			
	2006		2017		2006		2017	
	Médias	CV (%)	Médias	CV (%)	Médias	CV (%)	Médias	CV (%)
Z <sub>i1</sub>	1818,5	20,4	1558,7	18,2	1881,6	19,5	1603,9	16,5
Z <sub>i2</sub>	4,2	149,2	460674,0	108,5	112070,2	282,7	362068,9	133,3
Z <sub>i3</sub>	24,0	92,1	15,5	123,1	18,0	154,7	11,4	194,5
Z <sub>i4</sub>	61,9	38,0	73,5	31,4	56,1	48,1	81,8	63,1
Z <sub>i5</sub>	399,7	51,0	297,1	25,7	242,9	72,7	394,5	39,5
Z <sub>i6</sub>	9,8	119,6	2,5	76,0	8622,0	1076,9	1,0	138,0
Z <sub>i7</sub>	8418,0	115,2	12128,3	74,1	8623,8	1076,6	4,0	106,7
Z <sub>i8</sub>	14010,9	750,4	8717,5	858,5	8654,2	1072,8	15,2	51,3
Z <sub>i9</sub>	23480,7	630,5	3929,1	78,9	7290,3	146,8	36589,4	261,5
Z <sub>i10</sub>	2,8	89,9	3,7	99,6	69490,3	366,0	44010,9	463,0
Z <sub>i11</sub>	35,0	41,2	17,8	62,4	115012,8	274,6	19223,6	133,8

**Fonte:** Resultados da pesquisa, 2022.

Com base nos resultados da Tabela 3, pode-se inferir que a variável Z<sub>i1</sub>, referente as precipitações pluviométricas (chuva), onde verificou-se que nas UAF a média de precipitação em 2006 foi de 1.818,5mm e em 2017 de 1558,7mm. Nas UAP, a média de precipitação em 2006 foi de 1881,6mm e em 2017 de 1603,9 mm. Os CV associados às precipitações pluviométricas nas UAF no ano de 2006 foi de 20,4, classificando-se como alto ( $20\% \leq CV < 30\%$ ), já o CV da UAF no ano de 2017 foi de 18,2, classificando-se como médio ( $10\% \leq CV < 20\%$ ). Os CV associados às precipitações pluviométricas nas UAP no ano de 2006 e 2017 foram de 19,5 e 16,5, respectivamente, classificando-se como médio ( $10\% \leq CV < 20\%$ ). Ressalta-se que quanto maior for o CV, mais heterogênea será a distribuição (Gomes, 1985).

Conforme os altos CV observados para as pluviometrias dos municípios estudados, praticamente todas as variáveis, com exceção da variável Z<sub>i5</sub> no ano de 2017 na UAF, apresentaram CV considerados altos e muito altos (Tabela 4).

A média da variável Z<sub>i11</sub> (valor do financiamento obtido por município em valores corrigidos para o ano de 2020) apresentou crescimento significativo nas UAF e UAP no ano de 2006 para 2017. Esse resultado demonstra que houve aumento nos recursos financeiros voltados para a agropecuária (IBGE, 2019a, 2019b).

Apresenta-se na Tabela 3 os resultados encontrados na estimação das diferenças entre as médias de chuvas nas UAF e UAP nos anos de 2006 e 2017. Os resultados da Tabela 4 sugerem que as pluviometrias médias das RHP do Maranhão em 2006 e 2017 são estatisticamente diferentes em ambos os anos.

**Tabela 4** - Resultados da comparação entre as precipitações médias de chuvas em 2006 e 2017 nas regiões homogêneas de precipitações do Maranhão observadas nas UAF e nas UAP

Variáveis	UAF em 2006				UAF em 2017			
	Coeficientes	Estatística t	Sign.	R <sup>2</sup> ajustado	Coeficientes	Estatística t	Sign.	R <sup>2</sup> ajustado
Constante	1453,739	39,272	0,000		1224,864	33,576	0,000	
RHP 1	933,674	20,468	0,000		700,453	15,678	0,000	
RHP 2	568,454	11,372	0,000		485,642	9,858	0,000	
RHP 3	352,075	6,600	0,000		214,661	4,083	0,000	
RHP 4	665,296	14,050	0,000	0,860	538,830	11,547	0,000	0,767
RHP 5	201,422	3,974	0,000		350,568	7,018	0,000	
RHP 6	262,467	5,635	0,000		255,284	5,561	0,000	
RHP 7	-148,834	-3,219	0,002		-70,787	-1,554	0,122	
RHP 8	227,882	4,722	0,000		364,242	7,658	0,000	

Variáveis	UAP em 2006				UAP em 2017			
	Coeficientes	Estatística t	Sign.	R <sup>2</sup> ajustado	Coeficientes	Estatística t	Sign.	R <sup>2</sup> ajustado
Constante	1488,090	18,875	0,000		1295,300	15,282	0,000	
RHP 1	899,720	10,946	0,000		634,079	7,176	0,000	
RHP 2	527,611	6,381	0,000		395,069	4,444	0,000	
RHP 3	362,562	3,887	0,000		123,160	1,228	0,222	
RHP 4	641,003	7,637	0,000	0,908	462,935	5,131	0,000	0,795
RHP 5	167,869	1,982	0,050		274,622	3,016	0,003	
RHP 6	139,423	1,667	0,098		117,649	1,309	0,193	
RHP 7	-176,120	-2,080	0,040		-133,887	-1,471	0,144	
RHP 8	94,694	1,086	0,280		227,251	2,425	0,017	

**Fonte:** Resultados da pesquisa.

Com base nos resultados da Tabela 3 as precipitações médias das RHP do Maranhão nas UAF podem ser hierarquizadas em ordem decrescente para 2006 e 2017, da seguinte forma:

Ranking das UAF<sub>2006</sub>:

RHP 1> RHP 4> RHP 2> RHP 3> RHP 6> RHP 8> RHP 5> RHP 9> RHP 7

Ranking das UAF<sub>2017</sub>:

RHP 1> RHP 4> RHP 2> RHP 8> RHP 5> RHP 6> RHP 3> RHP 9> RHP 7

Da hierarquização, foi possível verificar que as médias estimadas das chuvas das RHP nas UAF em 2006 e 2017, apresentam mudanças na quarta, quinta, sexta e sétima posições. As duas primeiras posições (RHP 1 e RHP 4) e a duas últimas (RHP 9 e RHP 7) permanecem as mesmas.

Já as hierarquias das médias das pluviometrias das UAP para 2006 e 2017 são apresentadas da seguinte maneira:

Ranking das UAP<sub>2006</sub>:

RHP 1> RHP 3> RHP 4> RHP 2> RHP 6> RHP 8> RHP 9> RHP 7> RHP 5

Ranking das UAP<sub>2017</sub>:

RHP 1> RHP 3> RHP 4> RHP 6> RHP 9> RHP 2> RHP 8> RHP 7> RHP 5

Dessa hierarquização foi possível verificar que as médias estimadas das chuvas das RHP nas UAP em 2006 e 2017, apresentam mudanças na quarta, quinta, sexta e sétima posições, assim como na UAF. Também como ocorreu na UAF, as duas primeiras posições (RHP 1 e RHP 3) e a duas últimas (RHP 7 e RHP 5) permanecem as mesmas.

#### *Análise fatorial para construção do Índice de Produção Agrícola (IPA)*

A análise fatorial é uma técnica aplicada com o objetivo de reduzir as variáveis, sintetizando-as e agrupando-as em um número menor de fatores. Assim, foi possível identificar as dimensões, facilitando a análise dos dados, visto que será obtido menos dimensões do que o número inicial de variáveis.

Foi aplicada a análise fatorial por componentes principais para os 216 municípios (a capital São Luiz foi excluída, pois não se identifica atividades de agricultura familiar em capitais) e realizados testes estatísticos como demonstrado na Tabela 4, a qual reúne as sínteses dos resultados obtidos para a estimação dos testes realizados para verificação da adequabilidade do modelo as variáveis selecionadas, bem como o total da variância explicada nas UAF e UAP.

Inicia-se a Análise fatorial verificando a matriz de correlação, a qual apresenta a correlação de cada variável com as outras variáveis do estudo. A relação entre as variáveis será confirmada a partir do nível de significância dos coeficientes estimados ( $p\text{-value} < 0,05$ ). Assim, é válido informar que nenhuma variável foi excluída da análise.

O teste de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) resultou no valor de 0,692 para UAF e 0,562 para UAP. De acordo com Hair *et al.* (1998), valores de KMO acima de 0,50, individualmente para cada variável ou para a matriz completa, indicam ser apropriada a aplicação da Análise Fatorial.

Dos resultados apresentados na Tabela 5, depreende-se que as estatísticas de qui-quadrado estimadas para realizar os testes de Bartlett nas UAF e nas UAP sugerem que a hipótese de que as matrizes de correlação entre as variáveis estudadas não são identidades. Isso permite realizar os demais testes de adequação.

Pela rejeição do teste de esfericidade de Bartlett,  $\text{sig} < 0,05$ , (que testa a hipótese nula da matriz correlação ser a identidade) e pela medida de Kaiser-Meyer-Olkin maior que 0,5 para todos os anos, tem-se que a técnica é apropriada para os dados.

**Tabela 5** – Resultados encontrados com a análise fatorial (AF) para a estimação dos IPA nas UAF e UAP

	UAF	UAP
Teste de Bartlett		
Qui – quadrado aproximado	832,066	330,445
Graus de liberdade	55	55
Significância	0,000	0,000
Teste KMO	0,692	0,562
Variância acumulada (%)	64,758	61,934

**Fonte:** Resultados da pesquisa.

A análise de componentes principais indicou que as onze variáveis podem ser agrupadas em 4 componentes principais tanto na UAF quanto na UAP, explicando 64,75% da variância na UAF e 61,93% na UAP (Tabela 5). A rotação varimax com normalização Kaiser discriminou e melhorou a distribuição percentual da variância entre os componentes, apresentando autovalores separáveis e melhor discriminados.

Na Tabela 6, observa-se que a análise fatorial executada resultou na extração de quatro fatores com raízes características maiores que a unidade, onde os fatores em conjunto explicam 64,75% (UAF) e 51,93% (UAP) da variância total das variáveis utilizadas.

**Tabela 6** - Valores das raízes características e percentual de variância total explicada pela análise fatorial (UAF e UAP)

Fator	Raiz característica		Variância explicada pelo fator (%)		Variância acumulada (%)	
	UAF	UAP	UAF	UAP		
1	2,730	22,142	24,816	19,474	816	74
2	1,627	1,605	14,789	14,590	606	35
3	1,403	1,534	12,753	13,945	358	10
4	1,364	1,532	12,400	13,924	758	34

**Fonte:** Resultados da Pesquisa.

As cargas fatoriais e as comunalidades são apresentadas na Tabela 7, onde considerou-se cargas fatoriais com valores acima a 0,50, destacadas em negrito. Quanto maior a carga fatorial, maior a importância da variável no componente principal (os valores variam de -1 a 1).

As comunalidades variam entre 0 e 1, sendo mais próximas de 0 quando os fatores comuns explicam baixa ou nenhuma variância da variável, e 1 quando toda a variância é explicada pelos fatores (Fávero *et al.*, 2009).

**Tabela 7** – Resultados encontrados na estimação das componentes em que foram reduzidas as variáveis originais com as respectivas comunalidades e cargas fatoriais

Variáveis	UAF					UAP				
	Comunalidade	Cargas fatoriais				Comunalidade	Cargas fatoriais			
		F1	F2	F3	F4		F1	F2	F3	F4
Z <sub>i1</sub>	0,641	0,001	<b>0,792</b>	0,089	0,081	0,663	-0,115	0,778	-0,210	-0,010
Z <sub>i2</sub>	0,467	0,444	0,128	0,470	0,178	0,276	-0,495	0,063	0,099	-0,131
Z <sub>i3</sub>	0,737	<b>0,811</b>	0,255	0,029	0,117	0,586	<b>-0,741</b>	0,021	0,033	0,190
Z <sub>i4</sub>	0,853	<b>-0,862</b>	-0,175	-0,200	0,198	0,737	0,414	0,059	-0,053	<b>0,748</b>
Z <sub>i5</sub>	0,465	0,125	-0,039	<b>0,666</b>	0,067	0,466	0,320	-0,163	<b>-0,580</b>	-0,040
Z <sub>i6</sub>	0,637	0,200	0,227	0,269	<b>0,688</b>	0,652	0,012	-0,221	<b>0,770</b>	0,102
Z <sub>i</sub>	0,587	-0,449	-0,469	0,264	0,310	0,714	<b>0,677</b>	-0,146	0,485	-0,015
Z <sub>i8</sub>	0,680	-0,308	0,327	<b>0,691</b>	0,026	0,779	0,154	<b>0,652</b>	0,477	-0,321
Z <sub>i9</sub>	0,717	-0,279	-0,138	-0,181	<b>0,766</b>	0,515	<b>0,597</b>	-0,191	-0,221	0,269
Z <sub>i10</sub>	0,730	<b>0,778</b>	-0,052	-0,105	0,333	0,842	-0,176	-0,218	0,188	<b>0,853</b>
Z <sub>i11</sub>	0,610	-0,311	<b>-0,697</b>	-0,161	0,016	0,582	0,438	<b>-0,621</b>	0,003	0,058

Fonte: Resultados da pesquisa.

A partir dos resultados da Tabela 7 observou-se que nas UAF o fator 1 (F1) se encontra relacionado com os indicadores Z<sub>i3</sub> (área relativa com lavouras temporárias), Z<sub>i4</sub> (área relativa com pastagens. Relaciona-se negativamente) e Z<sub>i10</sub> (produtividade de pastagem). O segundo fator (F2) está correlacionado às variáveis Z<sub>i1</sub> (precipitação de chuvas), e Z<sub>i11</sub> (valor do financiamento obtido por município em valores corrigidos para 2020). O fator 3 (F3) apresenta correlação com as variáveis Z<sub>i5</sub> (pessoal ocupado) e Z<sub>i8</sub> (PIB agrícola em relação ao PIB total). O fator 4 (F4) apresenta correlação com as variáveis Z<sub>i6</sub> (valor da produção vegetal em relação ao PIB do município) e Z<sub>i9</sub> (produtividade de lavoura).

Nas UAP, observa-se que o fator 1 (F1) se encontra relacionado com os indicadores Z<sub>i3</sub> (área relativa com lavouras temporárias), Z<sub>i7</sub> (valor da produção pecuária em relação ao PIB do município) e Z<sub>i9</sub> (produtividade de lavoura). O segundo fator (F2) está correlacionado às variáveis Z<sub>i8</sub> (PIB agrícola em relação ao PIB total), e Z<sub>i11</sub> (valor do financiamento obtido por município em valores corrigidos para 2020). O fator 3 (F3) apresenta correlação com as variáveis Z<sub>i5</sub> (pessoal ocupado) e Z<sub>i6</sub> (valor da produção vegetal em relação ao PIB do município). O fator 4 (F4) apresenta correlação com as variáveis Z<sub>i4</sub> (área relativa com pastagens) e Z<sub>i10</sub> (produtividade de pastagem).

Desta forma, os índices de produtividade para a UAF e UAP nos dois anos tratados neste estudo foram construídos a partir destes fatores transportados para o primeiro quadrante do plano cartesiano.

Os índices foram construídos em base 100, onde o maior valor encontrado representa 100% e os demais valores estão proporcionais a este maior. A média dos resultados encontrados em cada região homogênea de precipitação, em 2006 e 2017 nas UAF e UAP estão apresentadas na Tabela 8.

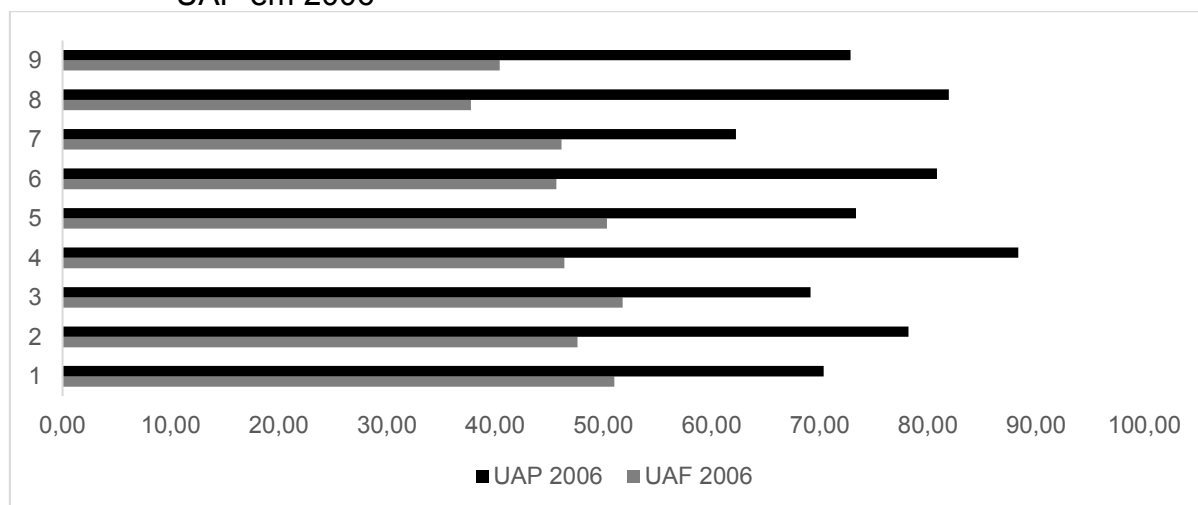
**Tabela 8** – Comparação entre as médias estimadas para os índices de produção agrícola para as UAF e para as UAP entre 2006 e 2017

Região	IPA <sub>UAF</sub>			IPA <sub>UAP</sub>		
	2006	2017	2017/2006 (%)	2006	2017	2017/2006 (%)
RHP 1	51,02	41,08	80,52	70,37	71,46	101,55
RHP 2	47,61	37,06	77,84	78,22	70,49	90,12
RHP 3	51,77	43,91	84,82	69,14	48,00	69,42
RHP 4	46,40	34,55	74,46	88,37	72,75	82,32
RHP 5	50,33	32,19	63,96	73,37	66,37	90,46
RHP 6	45,65	33,62	73,65	80,85	78,37	96,93
RHP 7	46,12	32,22	69,86	62,25	58,32	93,69
RHP 8	37,74	28,73	76,13	81,93	75,63	92,31
RHP 9	40,41	30,55	75,60	72,86	85,15	116,87

Fonte: Resultados da pesquisa.

Na Figura 1, podemos inferir que em 2006 as médias dos IPA foram maiores nas UAP's. Em 2006 (Figura 2, Tabela 7), o maior valor do IPA ocorreu na RHP 4 (88,37%) da UAP, enquanto que o menor valor foi observado na RHP 8 (37,14%) da UAF.

**Figura 1** - Médias estimadas para os índices de produção agrícola para as UAF e UAP em 2006

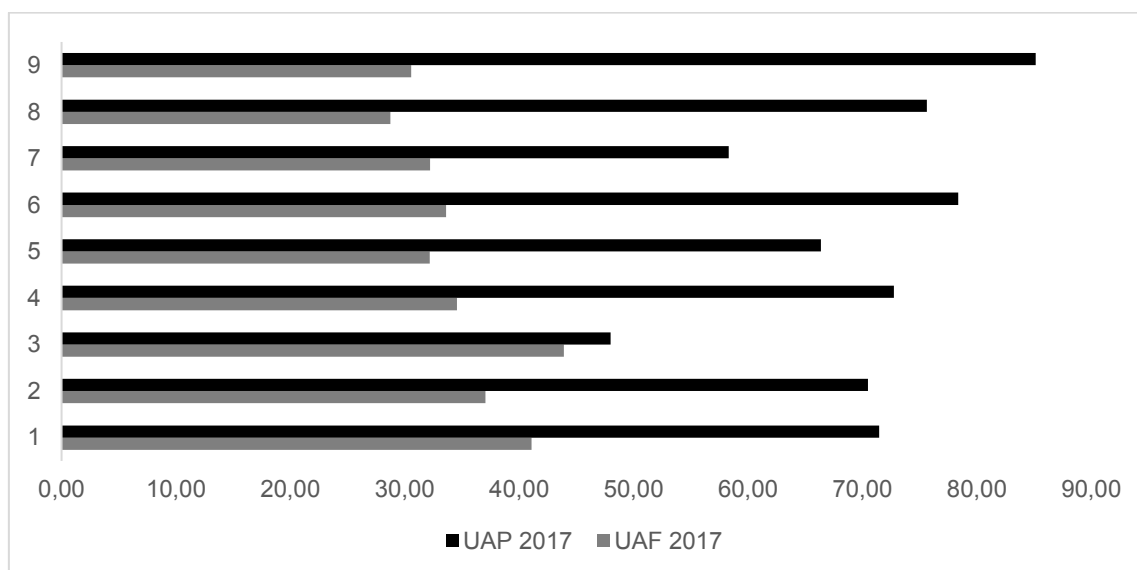


Fonte: Resultados da pesquisa.

Assim como na Figura 1, a Figura 2 apresenta que em 2017 as médias dos IPA foram maiores nas UAP's do que nas UAF's. Em 2017 (Figura 2, Tabela 8), o maior valor do IPA ocorreu na RHP 9 (85,15%) da UAP, enquanto que o menor valor foi observado na RHP 8 (28,73%) da UAF. Destaca-se que, de acordo com o Zoneamento Agropecuário do estado do Maranhão (ZAMA) (Maranhão, 2019), a RHP 10 e RHP 9 (unidas neste trabalho em apenas RHP 9) são as regiões com maior produção de soja.



**Figura 2** - Médias estimadas para os índices de produção agrícola para as UAF e UAP em 2017



**Fonte:** Resultados da pesquisa.

Infere-se com base nos resultados mostrados na Tabela 8 e nas Figuras 1 e 2 que, em todas as RHP, tanto nas UAF como nas UAP as médias dos IPA foram maiores em 2017 do que em 2006. Nas UAF os menores percentuais do índice de 2017, em relação a 2006 aconteceram nos municípios que compõem a RHP 5 (63,96%) e RHP 7 (69,86%). Nas UAP, por sua vez a menor relação dos índices entre 2017/2006, aconteceu na RHP 3 (69,42%). Essas evidências confirmam que as UAP's tiveram melhor adaptação às dificuldades pluviométricas no estado do Maranhão durante os anos estudado, 2006 e 2017. Isso pode ser decorrente da utilização de melhores padrões tecnológicos na forma da qualidade genética das sementes, tratos culturais, uso de defensivos agrícolas e reposição de fertilidade do solo utilizando fertilizantes químicos.

### Considerações Finais

Com base nos resultados obtidos, é possível inferir que a produção agropecuária do estado do Maranhão está diretamente relacionada às precipitações pluviométricas da região, que por sua vez, se mostraram instáveis em 2006 e 2017. Nesse sentido, é importante que sejam adotadas políticas públicas que promovam a adaptação dos produtores rurais às variações climáticas, garantindo a continuidade da produção e a sustentabilidade ambiental.

Outra medida importante é a promoção de investimentos em tecnologia e infraestrutura para captação e armazenamento de água, como a construção de barragens e sistemas de irrigação, que permitem o uso racional dos recursos hídricos e aumentam a produtividade do campo.

Além disso, é fundamental que sejam criados programas de capacitação e assistência técnica para os agricultores, com o objetivo de promover a diversificação das culturas e a adoção de práticas sustentáveis. Essas ações podem ajudar a garantir a segurança alimentar e o desenvolvimento econômico da região.

Em síntese, a adoção de políticas públicas voltadas para a sustentabilidade da produção agropecuária é fundamental para garantir a continuidade da atividade e o desenvolvimento socioeconômico do estado do Maranhão, levando em consideração as variações climáticas que afetam diretamente a produção rural na região. A partir dos resultados obtidos neste estudo e considerando as divisões dos municípios em RHP, recomenda-se que as políticas públicas voltadas para os municípios do Maranhão sejam pensadas e formuladas de formas diferentes, considerando as especificidades de cada RHP, visando benefícios para os agricultores e pecuaristas, familiares ou patronais.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. Lei nº 11.326, de 24 de julho de 2006a, estabelece as diretrizes para a formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares Rurais. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, 25 jul. 2006. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/ato2004-2006/2006/lei/111326.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2004-2006/2006/lei/111326.htm). Acesso em: 20 jan. 2022.

CHAYANOV, A. V. On the theory of non-capitalist economic systems. *In*: THONNER, D.; KENBLAY, B.; SMITH, R. E. F. **The theory of peasant economy**. Honewood: The American Economic Association, 1966. p. 1-28.

COSTA NETO, J. P.; FERNANDES, R. T.; LEMOS, J. de J. S.; CHAGAS, E. das. Degradação ambiental e condições socioeconômicas do município de Vitória do Mearim–Maranhão. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 39, n. 2, p. 306-327, 2008.

DYER, T. G. J. The assignment of rainfall stations into homogeneous groups: an application of principal components analysis. **Quarterly Journal Royal Meteorology Society**, [s. l.], v. 101, n. 430, p. 1005-1013, 1975.

FÁVERO, L. P.; BELFIONE, P.; SILVA, F.L.; CHAN, B.L. **Análise de dados: modelagem multivariada para tomada de decisões**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda, 2009.

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 13. ed. São Paulo: ESALQ/USP, 1985.

GUANZIROLI, C. E.; CARDIM, S. E. de C. S. (coord.). **Novo retrato da agricultura familiar: o Brasil redescoberto**. Brasília, DF: INCRA, 2000. Disponível em: [http://www.uenf.br/Uenf/ Downloads/AGRONOMIA\\_1271\\_1095426409.pdf](http://www.uenf.br/Uenf/Downloads/AGRONOMIA_1271_1095426409.pdf). Acesso em: 27 fev. 2022.

GUANZIROLI, C.; ROMEIRO, A.; BUAINAIN, A. M.; DI SABBATO, A.; BITTENCOURT, G. **Agricultura familiar e Reforma Agrária no Século XXI**. Rio de Janeiro: Garamond, 2001.

GUJARATI, D. N.; PORTER, D.C. **Basic econometrics**. Porto Alegre: AMGH, 2011.

HAIR Jr., J. F.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L.; BLACK, W. C. **Análise multivariada de dados**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

HAIR Jr., J. F.; ANDERSON, R. E.; TATHAN, R. L.; BLACK, W. C. **Multivariate data analysis**. 5<sup>th</sup> ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1998.

IBGE. **Censo agropecuário 2006**: resultados definitivos. Rio de Janeiro: IBGE, 2019a. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuário/censoagropecuario-2017>. Acesso em: 27 fev. 2022.

IBGE. **Censo Agropecuário 2017**: resultados definitivos. Rio de Janeiro: IBGE, 2019b. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuário/censoagropecuario-2017>. Acesso em: 27 fev. 2022.

LEMOS, J. J. S. Maranhão: estado (ainda) rico em recursos naturais com população empobrecida. In: SILVEIRA, J. L. A. (org.). **Ensaio sobre a economia maranhense**. São Luís: CORECON-MA E UFMA, 2014, v. 1, p. 171-230.

LEMOS, J. J. S. **Pobreza e vulnerabilidades induzidas no Nordeste e no semiárido brasileiros**. Fortaleza: [s. n.], 2015. Tese para Concurso de Professor Titular.

MANLY, B. F. J. **Multivariate statistical methods**. 2<sup>nd</sup> ed. New York: Chapman & Hall, 1994.

MARANHÃO. Secretaria do Estado da Agricultura e Abastecimento - SAGRIMA. **Zoneamento Agropecuário do Estado do Maranhão (ZAMA)**. Coordenado por São Luís: Secretaria de Estado da Agricultura e Abastecimento, 2019.

MENEZES, R. H. N. **Caracterização agroclimática e análise do rendimento agrícola do estado do Maranhão, Brasil**. 2009. Tese (Doutorado em Meteorologia) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2009.

MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005.

ROCHA, S. F. **Simulações de sustentabilidade e de formação de expectativas na produção de alimentos na agricultura familiar do Maranhão**. 2018. 114 f. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

SIMON, A. **2014**: ano internacional da agricultura familiar. Disponível em: [https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiX\\_-vjhLmAAxWWpZUCHUM4CjEQFnoECA4QAQ&url=https%3A%2F%2Fpublicacoes.epagri.sc.gov.br%2Ffrac%2Farticle%2Fdownload%2F788%2F683%2F4825&usg=AOV Vaw1oMThPLQ\\_gxrZyLSK5fVjL&opi=89978449](https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiX_-vjhLmAAxWWpZUCHUM4CjEQFnoECA4QAQ&url=https%3A%2F%2Fpublicacoes.epagri.sc.gov.br%2Ffrac%2Farticle%2Fdownload%2F788%2F683%2F4825&usg=AOV Vaw1oMThPLQ_gxrZyLSK5fVjL&opi=89978449). Acesso em: 31 jul. 2023.

WOOLDRIDGE, J. M. **Introdução à econometria**: uma abordagem moderna. Tradução da 4<sup>a</sup> Edição Norte-Americana. São Paulo: Cengage Learning, 2011.