

**Interferência da instabilidade pluviométrica na previsão da produção de grãos no semiárido do Ceará, Brasil****Interference of pluviometric instability in the forecast of grain production in the semiárido of Ceará, Brazil**

DOI:10.34117/bjdv5n9-139

Recebimento dos originais: 20/08/2019

Aceitação para publicação: 19/09/2019

**José de Jesus Sousa Lemos**

Engenheiro Agrônomo. Mestre, Doutor em Economia Rural e Pós Doutor em Economia dos Recursos Naturais e do Meio Ambiente.

Professor Titular, Coordenador do Laboratório do Semiárido (LabSar) na Universidade Federal do Ceará (UFC).

Endereço: Rua Vicente Spindola, 280 (Vila Uniao) 60420-211. Fortaleza - Ceará.

E-mail: lemos@ufc.br.

**Filomena Nádia Rodrigues Bezerra**

Engenheira Agrônoma. Mestre em Economia Rural. Doutoranda em Economia Rural sob minha Orientação.

Doutoranda em Economia Rural do Programa de Pós-Graduação em Economia Rural (PPGER) pela Universidade Federal do Ceará (UFC), Mestra em Economia Rural, Engenheira Agrônoma.

Endereço: Universidade Federal do Ceará. Centro de Ciências Agrárias.

Departamento de Economia Agrícola. Campus do PICI. Fortaleza - Ceará.

E-mail: nadiarodrigues-3@hotmail.com

**RESUMO**

Criaram-se modelos de distribuição de chuvas e de previsão de variáveis endógenas associadas à produção de grãos no Semiárido do Ceará entre 1947 e 2017. Os dados utilizados s do IBGE e da FUNCEME. Utilizam-se modelos ARIMA para os valores previstos de áreas colhidas, produtividade e preço médio de grãos. Testam-se os efeitos da pluviometria sobre os ruídos gerados de cada um desses modelos de previsão. Os resultados mostraram que é possível classificar o clima do Semiárido do Ceará em períodos de estiagem, normal e chuvoso. Os modelos de previsão apresentaram bons ajustamentos e são influenciados pela pluviometria observada no período. Ao contrário das variáveis áreas colhidas e produtividades que mostraram resultados positivos, os ruídos associados ao modelo de previsão dos preços de grãos oscilam negativamente com as chuvas. A principal conclusão do estudo é que a instabilidade pluviométrica interfere na previsão das variáveis de decisão dos produtores de grãos no Ceará, induzindo instabilidades técnicas e econômicas nessa produção.

**Palavras-chave:** Negócio agrícola, Agricultura familiar, Vulnerabilidade tecnológica, Pluviometria.

**ABSTRACT**

There were created models of rainfall distribution and prediction of endogenous variables associated with grain production in the semi-arid region of Ceará State between 1947 and 2017. The data used are from IBGE and FUNCEME. ARIMA models are used in order to predict values of areas harvested, yield and average price of grains. The effects of rainfall on the generated noise of each of these forecast models are tested. The results showed that it is possible to classify the climate of the semi - arid of Ceará State in periods of drought, normal and rainy. The prediction models presented good adjustments under statistical point of view and are influenced by the rainfall observed in the period. Contrary to the variables harvested areas and yields that showed positive coefficients, the noises associated with the grain price forecasting model fluctuate negatively with rainfall. The main conclusion of the study is that the rainfall instability interferes in the prediction of the decision variables of grain producers in Ceará State, inducing technical and economic instabilities in this production.

**Keywords:** agribusiness, family farming, technological vulnerability; rainfall.

**1. INTRODUÇÃO**

O Semiárido brasileiro não é homogêneo em paisagem, em disponibilidade de recursos naturais, tampouco em revestimento florístico. A convergência que existe na imensa área que o compõe é a instabilidade climática, traduzida na má distribuição de chuvas, tanto de um ponto de vista espacial como temporal. Fator comum também entre os mosaicos que se encontram nesse ecossistema brasileiro estão as atividades agrícolas, sobretudo as produtoras de alimentos, principalmente, exercidas por agricultores familiares, bem como a pecuária extensiva, as quais são consideradas de alto risco. Essas atividades apresentam produtividades muito baixas, mesmo quando comparadas às observadas no Nordeste, que não fazem parte do Semiárido, algumas classificadas como as mais baixas do Brasil.

Não há dúvidas de que o Semiárido brasileiro se trata de um dos ecossistemas mais vulneráveis, devido à instabilidade do regime pluviométrico que provê a ocorrência sistemática de secas e, muitas vezes, às enchentes (ASSAD e PINTO 2008; CEDEPLAR e FIOCRUZ, 2009). Essas condições adversas de clima que acontecem nesse bioma brasileiro tornam a sua população em emigrante potencial. Essas migrações para outras cidades e/ou outros estados tendem a agravar problemas sociais já existentes em áreas urbanas de cidades de diferentes portes, sobretudo nas grandes cidades, pelos denominados refugiados do clima. Essa realidade mostra a vulnerabilidade da população, assim como mostra uma estimativa da Organização das Nações Unidas afirmando que já ocorrem deslocamentos por desastres climáticos, cerca de 25 milhões de pessoas são forçadas a deixar seus países a cada ano devido a problemas ambientais como secas, inundações, tempestades e incêndios florestais (ONU, 2017).

Devido a aspectos relacionados à instabilidade climática e a ausência de políticas mais consistentes de convivência da população do Semiárido com as adversidades climáticas, os indicadores sociais e econômicos prevaletentes nas populações que sobrevivem nos municípios inseridos nesse bioma são bastante críticos (MARENGO *et al.*, 2011; LEMOS, 2015).

No Brasil, há divergências entre o que é Semiárido, de um ponto de vista técnico, que é aferido pelo índice de aridez (IA), e aquele definido pelo Governo Federal, que contém outros elementos nessa definição. Vale ressaltar que os municípios reconhecidos oficialmente pelo Governo Federal como pertencentes ao Semiárido recebem tratamento diferenciado em termos de políticas públicas.

De acordo com a última revisão do mapa do Semiárido, realizado pelo Conselho Deliberativo da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (CONDEL/SUDENE), em reunião realizada em 23 de novembro de 2017 no Ceará, o Semiárido brasileiro passou a contar com 1.262 municípios, 129 a mais do que o montante que fazia parte desse ecossistema e que houvera sido reconhecido na última atualização realizada em 2005 por essa instituição. Na nova delimitação o Ceará, que antes possuía 150 municípios reconhecidos oficialmente como incluídos no Semiárido brasileiro, passou a ter 175 dos seus 184 municípios (95%) reconhecidos como parte desse ecossistema (MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL, 2017).

A nova delimitação oficial apenas reconhece uma situação climática que já prevalece no estado, a despeito do reconhecimento oficial tardio do Governo Federal. Com ela, o Ceará é, proporcionalmente, reconhecido pelo Governo Brasileiro como o estado brasileiro com a maior inserção no Semiárido brasileiro.

As atividades agrícolas, sob qualquer ecossistema, dependem de fatores climáticos e, por isso, tornam-se mais sensíveis às mudanças climáticas. No Semiárido do Ceará isso é bastante evidente, tendo em vista que os avanços tecnológicos que permitem o cultivo, embora com dificuldades hídricas, ainda não alcançam a grande maioria dos agricultores do estado. Por essa razão as condições climáticas favoráveis ainda são consideradas como fatores definidores para a obtenção de bons níveis de produtividade e produção agrícola. (DESCHÊNES, GREENSTONE, 2007; FISHER *et al.*, 2009; MALLARI, 2016).

O exercício de tentar antever o que provavelmente acontecerá nas próximas safras das lavouras de grãos no estado, mesmo sabendo que a precipitação de chuvas é totalmente

imprevisível, poderá ser de grande relevância e utilidade, tanto para os agricultores, como para os fomentadores de políticas públicas voltadas à produção desses itens no Ceará.

A hipótese central deste trabalho é que a instabilidade pluviométrica entre 1947 e 2017 tende a interferir na capacidade de previsão das variáveis endógenas (área colhida, produtividade e preços) que definem a produção de grãos no Semiárido cearense.

Desta forma, a pesquisa tem os seguintes objetivos: a) elaborar um modelo de classificação da pluviometria no estado, entre os anos de 1947 e 2017; b) avaliar o comportamento das variáveis associadas à produção de grãos no Ceará em cada uma das definições de clima construídas na pesquisa; c) estimar modelos de previsão da área colhida, produtividade da terra e do preço médio de grãos recebido pelos agricultores no Semiárido do Ceará, no período de 1947 a 2017; d) estimar a forma em que a pluviometria afeta as previsões das variáveis endógenas.

## 2. METODOLOGIA

O trabalho utiliza informações de precipitações pluviométricas divulgadas pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos-FUNCEME (2017), cobrindo o período de 1947 a 2017, bem como do banco de Dados Sidra, disponibilizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, vários anos). O período de disponibilidade de dados se estende entre os anos de 1947 a 2017. Os grãos que compõem a série estudada são: algodão, amendoim, arroz, fava, feijão, mamona, milho, girassol e soja (IBGE, vários anos). Os dados utilizados na presente pesquisa são de natureza secundária, todos coletados para a base de análise e tomados como referência o estado Ceará, localizado na região Nordeste do Brasil.

Neste trabalho consideram-se três tipos de variáveis: endógenas, exógenas e construídas. A classificação, bem como a descrição das variáveis estão expostas no Quadro 1.

Quadro 1- Definições das variáveis utilizadas

| <b>Classificação das variáveis</b> | <b>Descrição</b>  |
|------------------------------------|---|
| <b>Variáveis endógenas</b>         | $A_t$ = área colhida em hectares (ha)   |
|                                    | $R_t$ = produtividade da terra ( $\text{Kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ )                     |
|                                    | $P_t$ = preço médio dos grãos ( $\text{R\$} \cdot \text{Kg}^{-1}$ ), em valores de 2017 |

|   |   |
|---|---|
| <b>Variável exógena</b>                             | $C_t$ = Precipitação média anual (mm) de chuvas no Ceará entre 1947 e 2017  |
| <b>Variáveis construídas a partir das endógenas</b> | $Q_t$ = Produção anual de grãos em toneladas ( $Q_t = A_t \cdot R_t$ );   |
|   | $V_t$ = Valor anual da produção (R\$) de grãos, corrigido pelo IGP-DI para valores de 2017 ( $V_t = Q_t \cdot P_t$ ). |

Fonte: Elaborado pelos autores.

A seguir apresentam-se os procedimentos metodológicos adotados na sequência em que estão apresentados os objetivos da pesquisa.

## 2.1. MODELO DE DISTRIBUIÇÃO PLUVIOMÉTRICA

O primeiro objetivo da pesquisa é criar um modelo de distribuição de chuvas no Ceará entre 1947 e 2017 e tentar captar dentro dele estatísticas descritivas associadas às variáveis envolvidas na produção de grãos.

Neste estudo utiliza-se o coeficiente de variação (CV) associado às médias de cada uma das variáveis como medida de instabilidade. Por definição o CV mede a relação percentual entre o desvio padrão e a média aritmética de uma variável aleatória. O CV tem a utilidade de aferir a heterogeneidade ou a homogeneidade que se observa na distribuição dos valores de uma variável aleatória em torno da sua média. O CV pode ser utilizado como medida de instabilidade. Uma vantagem adicional de usar o CV nesse tipo de avaliação, em relação a outras medidas de variabilidade, é que permite a comparação entre variáveis de naturezas e aferições distintas (GOMES, 1985; GARCIA, 1989; SORENSEN, 2000).

Quanto menor o CV, mais homogênea ou mais estável será a distribuição das observações em torno da média. Para usar o CV como medida de aferição de homogeneidade /heterogeneidade de uma distribuição é necessário estabelecer a definição de seus valores críticos. Gomes (1985) estabeleceu limites para classificação dos CV em experimentação agrícola (Quadro 2).

Quadro 2: Classificação do CV de acordo com a sua amplitude

| <b>Classificação do CV</b> | <b>Amplitude do CV</b> |
|----------------------------|------------------------|
| Baixo                      | $CV < 10\%$            |
| Médio                      | $10\% \leq CV < 20\%$  |
| Alto                       | $20\% \leq CV < 30\%$  |
| Muito alto                 | $CV \geq 30\%$         |

Fonte: GOMES (1985).

Para ajudar na interpretação acerca da pluviometria observada no Semiárido do Ceará, neste trabalho esboçou-se um quadro para a sua classificação a partir dos dados observados na série temporal (1947 a 2017). Para tanto se considerou as flutuações da metade de um desvio padrão em torno da média pluviométrica. Assim, se definiram e testaram-se três períodos: estiagem, normalidade pluviométrica e chuvoso, com os valores críticos apresentados no (Quadro 3).

Quadro 3: Classificação da pluviometria no Semiárido do Ceará

| <b>Períodos</b> | <b>Intervalo de variação</b>                |
|-----------------|---|
| Estiagem        | Pluviometria $<$ (Média $- \frac{1}{2}$ DP) |
| Normalidade     | Pluviometria = (Média $\pm \frac{1}{2}$ DP) |
| Chuvoso         | Pluviometria $>$ (Média $+ \frac{1}{2}$ DP) |

Fonte: Módulos a serem estimados na pesquisa com base nas informações da FUNCEME para o período de 1947 a 2017.

Nota: DP = Desvio padrão.

Para confirmar a consistência da classificação esboçada no trabalho, é necessário realizar teste estatístico para avaliar se as médias das pluviometrias estimadas em cada um dos grupos são estatisticamente diferentes. Caso o sejam, pode-se assumir que a estratégia da classificação adotada é de utilidade prática. O teste utilizado foi estimar a seguinte regressão (equação 1):

$$C_t = \beta_0 + \beta_1 D_1 + \beta_2 D_2 + \eta_t \quad (1)$$

Na equação (1),  $C_t$  é a pluviometria anual;  $D_1$  e  $D_2$  são variáveis binárias, definidas da seguinte forma:

$D_1 = 0$ , no período de estiagem;  $D_1 = 1$ , nos demais períodos;

$D_2 = 1$ , no período de normalidade pluviométrica;  $D_2 = 0$ , nos outros períodos.

O coeficiente linear  $\beta_0$  sendo estatisticamente diferente de zero, com  $D_1 = D_2 = 0$ , será a média de chuvas para os períodos de estiagem;  $\beta_1$  sendo estatisticamente diferente de zero, com  $D_2 = 0$  e  $D_1 = 1$ , significa que a média pluviométrica do período chuvoso é diferente dos demais períodos. O coeficiente  $\beta_2$  sendo estatisticamente diferente de zero, com  $D_1 = 0$  e  $D_2 = 1$ , significa que a média de chuvas do período de normalidade difere dos demais períodos. O termo aleatório  $\eta_t$ , por hipótese, atende aos pressupostos do modelo linear clássico, e assim os parâmetros da equação (1) podem ser estimados pelo método dos Mínimos Quadrados Ordinários - MQO (WOOLDRIDGE, 2011). Sendo válido este modelo, será possível hierarquizar a pluviometria no Semiárido do Ceará da seguinte forma:

Período chuvoso > Período de Normalidade > Período de estiagem.

Para que o segundo objetivo fosse alcançado, estimaram-se os valores esperados e os coeficientes de variação (CV) das variáveis relevantes na produção de grãos em cada um dos tipos de clima que foram obtidos no primeiro objetivo. Realizaram-se testes estatísticos visando confrontar os valores médios de cada variável entre os diferentes climas caracterizados neste estudo.

Para testar as diferenças entre as médias, utilizou-se a equação 2:

$$Y_t = \alpha_0 + \alpha_1 D_1 + \alpha_2 D_2 + \mu_t \quad (2)$$

Na equação 2,  $Y_t$  assumirá qualquer uma das variáveis associadas à produção de grãos;  $D_1$  e  $D_2$  são definidas como na equação 1, adaptados à esta etapa da pesquisa.

Para alcançar o terceiro objetivo específico, a pesquisa utiliza as definições e os procedimentos que serão discutidos na seção a seguir.

## 2.2 DEFINIÇÃO DO MODELO UTILIZADO

O estudo parte da equação de definição de quantidade produzida de grãos ( $Q_t$ ), que é uma das duas variáveis construídas, a qual é definida a seguir:

$$Q_t = A_t R_t \quad (3)$$

O valor esperado de  $Q_t$ ,  $E(Q_t)$ , entendido nesta pesquisa como o seu valor previsto  $Q^P$  é definido de acordo com o esboço mostrado na equação 4:

$$E(Q_t) = Q^P = E(A_t).E(R_t) \quad (4)$$

O valor da produção de grãos ( $V_t$ ), segunda variável construída, por sua vez é definido por:

$$V_t = Q_t.P_t \quad (5)$$

O valor esperado de  $V_t$ ,  $E(V_t)$ , entendido na pesquisa como o seu valor previsto  $V^P$  é definido de acordo com a equação (6):

$$E(V_t) = V^P = E(Q_t).E(P_t). \quad (6)$$

### 2.2.1 Previsões das variáveis endógenas

Dada uma variável aleatória ( $X_t$ ) a sua previsão  $E(X_t)$ , ou  $Y^P$  diferirá do valor observado se ocorrerem ruídos que podem ser causados por situações imprevisíveis no momento em que se formam as previsões. Isto pode ser representado pela equação 7:

$$E(X_t) = X^P = X_t + \xi_t. \quad (7)$$

Ou, semelhantemente:

$$X_t = E(X_t) - \xi_t. \quad (7a)$$

O termo aleatório ( $\xi_t$ ) assume valores positivos e negativos, de tal sorte que o seu valor esperado será nulo. Por hipótese (que será testada nesta pesquisa) é “ruído branco”, no sentido de não ser autoregressivo e ter variância constante. Essas propriedades associadas a esses ruídos asseguram que a série  $X_t$  é estacionária.

Nesta pesquisa se supõe que embora o ruído seja endogenamente aleatório, ele pode experimentar influência de variáveis exógenas. Neste caso, assume-se que a sequência  $X_t$  se constitui numa série estacionaria, ou passível de estacionarização, de área colhida, produtividade ou preços médios de grãos no Ceará entre 1947 e 2017. Contudo, os ruídos gerados nas séries de previsão dessas variáveis podem ser afetados pela variável exógena, pluviometria, ocorrida no período. Pluviometria que além de instável no semiárido do Ceará, não pode ser antevista a partir das séries que se dispõe para o estudo. Assim, escreve-se que:

$$\xi_t = f(C_t) \quad (8)$$

Uma forma de operacionalizar a equação (8) pode ser a explicitando da seguinte forma:

$$\xi_t = \beta_0 + \beta_1 C_t + v_t. \quad (9)$$

Substituindo (9) em (7a) e já arrumando os termos de forma conveniente, sabendo-se que  $\xi_t$  pode assumir valores positivos ou negativos, obtém-se:

$$X_t = \beta_0 + E(X_t) + \beta_1 C_t + v_t. \quad (10)$$

O arcabouço empírico desenhado para estimar as previsões acerca da área colhida, da produtividade da terra e dos preços médios de grãos se ancora na metodologia desenvolvida por Box e Jenkins (1976).

### 2.2.2 Modelo aplicado ao estudo via método de Box e Jenkins

As formulações propostas por Box e Jenkins (1976), ARIMA (Auto Regressive Integrated Moving Average), são arcabouços matemáticos que visam captar o comportamento de uma variável aleatória que apresenta valores distribuídos em realizações na forma de séries temporais.

Considere-se que a série temporal  $Y_t$  possa ser representada da seguinte forma:

$$Y_t = \mu + \sum \psi_k \cdot u_{(t-k)} = \mu + \psi(B) \cdot u_t \quad (11)$$

Em que o filtro linear  $\psi$  é definido por:

$$\psi(B) = \theta(B) / \phi(B) \quad (12)$$

Os termos da equação 10 são definidos pelos seguintes polinômios:

$$\theta(B) = 1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q \text{ e } \phi(B) = 1 - \phi_1 B - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p$$

Definindo:  $\tilde{Y}_t = Y_t - \mu$ , será possível obter a seguinte transformação:

$$\phi(B) \tilde{Y}_t = \theta(B) \cdot u_t \quad (13)$$

Na equação (13),  $u_t$  é um “ruído branco” geralmente gaussiano. Para tanto terá que atender às seguintes condições: i)  $E(u_t) = 0$ ; ii)  $E(u_t^2) = \sigma_u^2 < \infty$ ; e iii)  $E(u_t, u_{t+k}) = 0$ , para  $k = \pm 1, \pm 2, \dots$  (COCHRANE, 1997).

De acordo com Box e Jenkins (1976) a equação (13) é denominada ARMA(p,q) e pode ser reescrita da seguinte forma:

$$\tilde{Y}_t = \theta(B) \phi^{-1}(B) \cdot u_t \quad (14)$$

Há alguns tipos de modelos de Box e Jenkins, faz-se necessário saber: Modelos Médias Móveis (MA): serão aqueles em que  $\phi(B) = 1$  e se diz que é MA(q); Modelos Autoregressivos (AR): serão aqueles em que  $\theta(B) = 1$  e se diz que é AR(p). Esses modelos são assim chamados porque  $Y_t$ , no instante t, é função dos valores desta variável em tempos anteriores a t; Modelos Autoregressivos Médias Moveis (ARMA), serão aqueles que terão uma parte (AR) com uma parte MA, e terá a notação ARMA(p,q).

Um processo estocástico  $Y_t = \psi(B) \cdot u_t$  será estacionário se:

$$\psi(B) = \sum_{k=0}^{\infty} \psi_k(B)^k \text{ convergir para } |B| < 1.$$

Supõe-se que a maioria dos procedimentos de análise estatística de séries temporais seja estacionária. Caso não seja, se faz necessário transformá-la, para torna-la estacionária.

Estima-se a função de autocorrelação entre os resíduos. Caso a função de autocorrelação se estabilize com a primeira defasagem, se pode assegurar, que a série passou a ser estacionária. Caso contrário, procede-se a segunda, terceira, ou mais diferenças, para buscar a estacionariedade. Em geral, as séries não precisam mais do que três defasagens para se tornarem estacionárias (MAKRIDAKIS *et al.*, 1998; MORRETIN, TOLOI, 2006).

### **2.2.3 Estimação dos parâmetros associados à formação de previsões**

Na primeira etapa de estimativas dos parâmetros deste trabalho são testadas várias alternativas de modelagem para encontrar os ajustamentos que melhor se adequam aos apresentados na equação 7. Para tanto, verifica se as funções ajustadas geram resíduos “ruídos brancos”,

Para verificar se a série dos resíduos gerados na estimação é “ruído branco”, se observa graficamente se a distribuição desses resíduos se realiza de forma errática em torno da média zero. O teste estatístico de verificação é feito utilizando-se a metodologia de Qui-Quadrado de Box-Pierce, modificado por Ljung e Box (MAKRIDAKIS *et al.*, 1998). Para que a série seja totalmente “ruído branco” essa estatística deve ser não significativamente diferente de zero em níveis elevados de probabilidade de erro.

O processo utilizado na pesquisa gera estimativas de máxima verossimilhança. Para cada interação. Tanto para as defasagens dos modelos autoregressivos, como para as defasagens associadas às médias móveis são ajustados os coeficientes de regressão, soma de quadrados ajustada e a constante de Marquardt, Para a estimação final o método de máxima verossimilhança estima: a soma dos quadrados dos resíduos, variância dos resíduos, erro padrão do modelo; informação do critério de Akaike; os critérios bayesianos de Schwartz; as estatísticas da regressão; a matriz de correlação e a matriz de covariância (MAKRIDAKIS *et al.*, 1998). Os modelos são estimados no Pacote Estatístico SPSS na sua versão 20.0.

## **2.3 AFERIÇÃO DO GRAU DE CORRELAÇÃO DAS PREVISÕES EFETUADAS**

Tendo estimados os parâmetros e, a partir deles, definidos os valores previstos para as variáveis endógenas, com ou sem a interferência das chuvas sobre os ruídos dessas previsões, elabora-se um teste de aderência dos valores previstos aos valores observados. Isso é feito usando o coeficiente de correlação de Pearson. Quanto mais próximo de um (1) for o coeficiente de correlação estimado, mais aderente aos valores observados estarão os valores previstos. Neste caso, melhor e mais robusta será a série dos valores previstos.

**3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os resultados da pesquisa são apresentados pela ordem em que os objetivos específicos estão distribuídos na seção inicial do trabalho.

**3.1. RESULTADOS OBTIDOS PARA ATINGIR AO PRIMEIRO E SEGUNDO OBJETIVOS**

As sínteses das séries de 71 anos de observação das precipitações de chuvas, de valores da produção, das produtividades, das áreas colhidas e dos preços médios de grãos no Semiárido do Ceará estão apresentadas na Tabela 1.

Entre 1947 e 2017 a precipitação média de chuvas do Ceará foi de 791,9 mm com desvio padrão de 271,6 mm, portanto, um coeficiente de variação de 34,3% (muito alto na classificação de Gomes (1985)). Isso confirma a elevada instabilidade na distribuição das chuvas ao longo dos anos investigados. Em quarenta (40) anos, dos setenta e um (71) observados, a precipitação de chuvas esteve abaixo da média. Observa-se também que, em decorrência da instabilidade pluviométrica, o valor da produção de grãos, a produção, a sua produtividade, a área colhida e os preços, também apresentaram instabilidades ainda maiores quando aferidas pelos respectivos CV, que variaram de 38,9% nas áreas colhidas a 59,4% nos preços médios. Todos muito altos, segundo a classificação de Gomes (1985), como mostra a Tabela 1.

Tabela 1: Valores extremos, média e CV das variáveis associadas à produção de grãos no Semiárido do Ceará de 1947 a 2017.

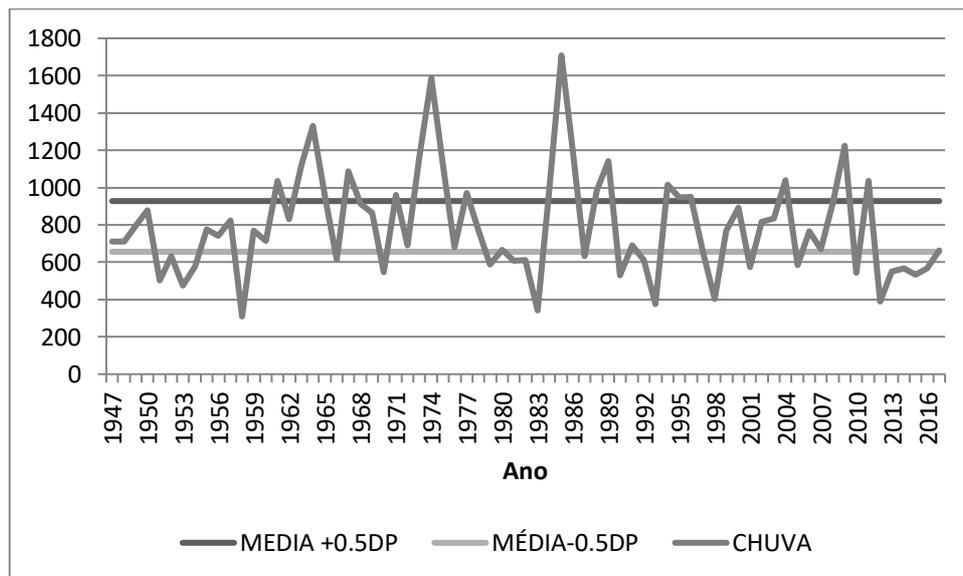
| <b>Variável</b><br><b>medida)</b>    | <b>(Unidade</b><br><b>de</b> | <b>Mínimo</b> | <b>Máximo</b> | <b>Média</b> | <b>CV(%)</b> |
|--------------------------------------|------------------------------|---------------|---------------|--------------|--------------|
| Chuva (mm)                           |                              | 309,00        | 1708,30       | 791,91       | 34,30        |
| Área colhida (Ha)                    |                              | 510.015       | 2.413.454     | 1.357.720,24 | 38,93        |
| Produtividade (Kg.Ha <sup>-1</sup> ) |                              | 109,33        | 912,79        | 436,57       | 41,39        |
| Preço médio (R\$ de 2017)            |                              | 0,99          | 9,06          | 3,40         | 59,44        |
| Produção (Ton)                       |                              | 84.661        | 1.214.172     | 577.779,02   | 49,54        |
| Valor da Produção (R\$ de 2017)      |                              | 267.201,18    | 4.996.479,19  | 1.711.549,54 | 59,06        |

Fonte: Valores estimados a partir dos dados da FUNCEME (2017) e IBGE (vários anos).

As médias estimadas para as pluviometrias nos três grupos organizados neste estudo são estatisticamente diferentes, tal como estabelecidos pelas variáveis binárias mostradas na equação (1). Isso permite estratificar a pluviometria no Ceará entre 1947 e 2017, de acordo com o que está previsto no Quadro 2, em períodos Chuvosos (A); de normalidade pluviométrica (B); e de estiagem (C). Estes resultados comprovam uma das propostas deste estudo de que se podem hierarquizar os grupos pluviométricos organizados em ordem decrescente em pluviometria da seguinte forma ( $A > B > C$ ), assim como mostra a Figura 1 e Tabela 2.

As chuvas que definem o período de normalidade variaram entre 656,1 mm e 927,7 mm, com média de 774,82 mm. Essas chuvas ocorreram em 24 dos 71 anos estudados (33,8%). No período de estiagem foram observadas pluviometrias variando entre 309,1 mm e 656,1 mm, com média de 533,06 mm. Essas chuvas aconteceram em 26 anos (36,6%). Nos demais 21 anos (29,6%) as chuvas caídas no Ceará foram enquadradas como período chuvoso, variaram entre 927,7 mm e 1.888,4 mm, com média 1.120 mm. Portanto, os períodos de estiagem aconteceram com maior frequência no Ceará durante o período estudado. Constata-se ainda que as maiores instabilidades pluviométricas, aferidas pelos CV, aconteceram nos período chuvoso e de estiagem, com valores de 18,23% e 18,15%, respectivamente. No período de normalidade pluviométrica o CV estimado é de 10,45% e está na faixa que Gomes (1985) classifica como médio, assim como para os demais períodos. Na Figura 1 ilustram-se esses resultados.

Figura 1: Trajetória da pluviométrica no Ceará entre 1947 e 2017



Fonte: Valores estimados a partir dos dados originais da FUNCEME (2017).

Nota: Média (MD); média mais meio desvio padrão (MÉDIA + 0,5DP) e média menos meio desvio padrão (MÉDIA – 0,5DP).

Os resultados apresentados na Tabela 2 também sugerem que as médias das áreas colhidas, das produtividades, das quantidades produzidas e valores da produção de grãos no Semiárido do Ceará, estimadas em cada um dos grupos de pluviometria criados neste estudo, são todas significativamente diferentes, com no mínimo 1% de erro. Mostra também que os preços foram estatisticamente iguais em todos os grupos estimados de pluviometria. Assim, essas médias associadas à produção de grãos (exceção dos preços médios) podem ser hierarquizadas em ordem decrescente, tal como no ranking feito para as chuvas.

Tabela 2: Estatísticas das variáveis definidoras da produção de grãos no Semiárido cearense de acordo com o período chuvoso, entre 1947 e 2017

| Variável                      | Estiagem $\leq 656,1$ mm |       | 656,1 mm < Normal $\leq 927,7$ mm |        | Chuvoso > 927,7 mm       |        |
|-------------------------------|--------------------------|-------|-----------------------------------|--------|--------------------------|--------|
|                               | Média                    | CV(%) | Média                             | CV (%) | Média                    | CV (%) |
| $C_t$ (mm)                    | 533,06 <sup>C</sup>      | 18,15 | 774,82 <sup>B</sup>               | 10,45  | 1.120,39 <sup>A</sup>    | 18,23  |
| $A_t$ (ha)*                   | 1.085.643,0 <sup>C</sup> | 43,64 | 1.345.131,00 <sup>B</sup>         | 39,42  | 1.696.608,0 <sup>A</sup> | 23,41  |
| $R_t$ (Kg.ha <sup>-1</sup> )* | 304,91 <sup>C</sup>      | 42,16 | 535,56 <sup>A</sup>               | 33,32  | 475,45 <sup>B</sup>      | 30,27  |
| $Q_t$ (ton)*                  | 314.948,50 <sup>C</sup>  | 47,21 | 675.955,30 <sup>B</sup>           | 39,70  | 773.795,00 <sup>A</sup>  | 24,19  |
| $V_t$ (R\$ 2017)*             | 1.072.410,0 <sup>C</sup> | 64,85 | 1.815.074,00 <sup>B</sup>         | 47,83  | 2.349.183 <sup>A</sup>   | 45,47  |
| $P_t$ (R\$/Kg) <sup>NS</sup>  | 3,86                     | 62,76 | 3,14                              | 63,10  | 3,16                     | 46,13  |

Fonte: Valores estimados a partir dos dados originais da FUNCEME (2017) e IBGE (vários anos).

Nota: \*Médias estatisticamente diferentes ao nível de ao menos 1% de probabilidade de erro: A > B > C.

NS = diferenças entre as médias não significativamente diferentes de zero, ao nível de 10% de probabilidade de erro.

Em todas essas variáveis as médias estimadas para os períodos de estiagem foram significativamente menores que aquelas estimadas para os períodos chuvosos e de normalidade pluviométrica. As médias das produtividades apresentaram o seu maior valor nos períodos de normalidade pluviométrica. Área colhida, Produção e Valor da Produção apresentaram as maiores médias nos períodos chuvosos (Tabela 2).

### 3.2. RESULTADOS ALCANÇADOS PARA ATENDER AO TERCEIRO E QUARTO OBJETIVOS

Tendo sido mostradas as estatísticas descritivas das variáveis de decisão na produção de grãos no Semiárido do Ceará, apresentam-se e discutem-se os resultados referentes aos ajustamentos para fomentar as previsões associadas às variáveis endógenas do estudo que constituem o terceiro e o quarto objetivo deste estudo.

Para atender a esses objetivos estimam-se modelos de previsão das áreas colhidas, produtividades e dos preços médios de grãos, primeiro sem a participação das chuvas interferindo nesses modelos através dos ruídos como mostrado nas equações (7) e (7a), e os modelos de previsão dessas variáveis endógenas tendo as chuvas interferindo nas projeções através dos ruídos, tal como demonstrado na equação (10).

Na Tabela 3 mostram-se os resultados alcançados com os ajustamentos dos modelos que foram construídos para as previsões das variáveis endógenas não levando em consideração o efeito da distribuição pluviométrica sobre essas previsões.

Tabela 3: Modelos ajustados para previsão das variáveis endógenas Área Colhida ( $A_t$ ), Produtividade ( $R_t$ ) e Preços Médios ( $P_t$ ) sem a inclusão das chuvas.

| Coeficientes Estimados | Variável Dependente [Modelo Ajustado] |                      |                     |
|------------------------|---------------------------------------|----------------------|---------------------|
|                        | At: [ARIMA (1,0,1)]                   | Rt: [ARIMA(2,1,0)]   | Pt: [ARIMA(1,0,1)]  |
| Constante              | 1037626,778*                          | -1,327 <sup>NS</sup> | 2,934*              |
| AR(1)                  | 0,964*                                | -0,927*              | 0,055*              |
| AR(2)                  | -                                     | -0,660*              | -                   |
| MA(1)                  | 0,537*                                | -                    | 0,540*              |
| R2 Estacionário        | 0,673                                 | 0,604                | 0,579               |
| Ljung-Box (Q)          | 17,637 <sup>NS</sup>                  | 22,033 <sup>NS</sup> | 9,762 <sup>NS</sup> |

Fonte: Valores estimados a partir dos dados originais do IBGE (vários anos).

Nota: \*Significante a 1% de probabilidade; <sup>NS</sup> Não significativo ao menos ao nível de 10% de erro.

Constatou-se que os ajustamentos para as séries de áreas colhidas e preços geraram previsões com ruídos aleatórios, como demonstram as estatísticas estimadas Q de Ljung Box, de 0,326 para a série de áreas colhidas e 0,342 para a série de preços. Observa-se também que o melhor ajustamento alcançado para essas séries foram do tipo ARIMA (1,0,1). Estes resultados sinalizam que as projeções para essas duas variáveis são baseadas nos períodos imediatamente anteriores, tanto da parte autorregressiva, quanto na porção média móvel do ajustamento. Resultados sinalizando que para fazer a previsão da área colhida e dos preços médios dos grãos, basta apenas recorrer às informações do ano imediatamente anterior. Os

coeficientes de determinação estacionários foram de 0,579 para a série de preços, e 0,673 para a de áreas colhidas. Valores que completam os bons ajustamentos estatísticos encontrados para estas duas séries. (Tabela 3).

No que se refere à série de produtividade, observou-se que são necessários dois (2) anos do processo autoregressivo para fazer previsões. Para conseguir gerar ruídos aleatórios na série de previsão desta variável, houve a necessidade de fazer uma diferença entre os valores da série para torná-la estacionária nos resíduos, como demonstra a estatística de Q de Ljung-Box estimada depois do ajustamento em 22,033, significativamente diferente de zero ao nível de significância de 0,365. Assim, para fazer a previsão da produtividade dos grãos no semiárido cearense sem que se considere a interferência da pluviometria, são necessários retroagir a dois anos na série. Os sinais negativos associados aos parâmetros estimados para os dois períodos de defasagem, sinalizam para o pessimismo envolvendo a previsão de produtividade dessas lavouras. Um indicador de carências tecnológicas ao longo do período de 71 anos em que se processou o estudo. O coeficiente de determinação estacionário é o maior dentre os três estimados para as variáveis endógenas, 0,604, o que corrobora com a informação de bons ajustamentos (Tabela 3).

No que se refere ao quarto objetivo do trabalho que é avaliar o impacto das chuvas sobre os modelos de previsão, observa-se que tanto para as áreas colhidas, como para as produtividades e para os preços médios, as variações de chuvas impactam positivamente as previsões o que corrobora com as suposições feitas neste trabalho. Para a previsão dos preços médios o impacto das chuvas se mostrou negativo, também como era esperado, tendo em vistas que em épocas de normalidade pluviométrica e de abundancia haverá tendência de elevação da oferta de grãos com impacto nos preços para baixo. Esses resultados também corroboram aqueles mostrados na Tabela 2 em que ficou mostrado que não há diferença estatística entre os preços médios nas diferentes categorias de distribuição pluviométrica em que se segmentou o estado do Ceará neste estudo entre 1947 e 2017. (Tabela 2 e Tabela 4).

Os melhores modelos estimados para previsão das séries de áreas colhidas que geraram ruídos aleatórios foram com um ano de defasagem tanto para a parte autorregressiva como para a parte média móvel do modelo. As estatísticas Q de Ljung-Box para as séries ajustadas de áreas e preços foram de respectivamente 20,250 e 11,714 significativamente diferentes de zero aos níveis de probabilidade de respectivamente 0,328 e 0,355. Os coeficientes de determinação estacionários foram também de razoável magnitude de 0,630 para a série estimada para prever os preços, e 0,738 para a série ajustada para prever áreas colhidas. (Tabela 4).

No que se refere à série de produtividade, o melhor ajustamento estimado para fazer as suas previsões tem três defasagens na parte autorregressiva. Nesta estimação os ruídos gerados apresentaram estatística Q de Ljung-Box de magnitude de 20,100 que são estatisticamente diferentes de zero acima de 0,311 de significância. Portanto esses ruídos são aleatórios. O coeficiente de determinação estacionário neste caso foi de 0,379. (Tabela 4)

Os resultados sinalizam que para fazer previsão de produtividade, considerando a interferência das chuvas, são necessários três anos de defasagem da produtividade dos grãos. Outro resultado que chama atenção, relativamente àquele obtido para a previsão da série de produtividade sem levar em consideração a interferência da pluviosidade, é que os coeficientes associados a segunda e terceira defasagem são positivos, e estatisticamente diferentes de zero ao menos a 10% de significância estatística. (Tabela 4)

Tabela 4: Modelos ajustados para previsão das variáveis endógenas Área Colhida ( $A_t$ ), Produtividade ( $R_t$ ) e Preços Médios ( $P_t$ ) com a inclusão das chuvas.

| Coeficientes Estimados      | Variável Dependente [Modelo Ajustado] |                      |                      |
|-----------------------------|---------------------------------------|----------------------|----------------------|
|                             | At : [ARIMA(1,0,1)]                   | Rt: [ARIMA(3,0,0)]   | Pt: [ARIMA(1,0,1)]   |
| Constante                   | 687529,688*                           | 291,896*             | 4,119*               |
| AR(1)                       | 0,961                                 | -0,021 <sup>NS</sup> | 0,946                |
| AR(2)                       | -                                     | 0,163 <sup>***</sup> | -                    |
| AR(3)                       | -                                     | 0,567*               | -                    |
| MA(1)                       | 0,505*                                | -                    | 0,519*               |
| Chuva                       | 437,315*                              | 0,202*               | -0,002*              |
| R <sup>2</sup> Estacionário | 0,738                                 | 0,379                | 0,630                |
| Ljung-Box (Q)               | 20,250 <sup>NS</sup>                  | 20,100 <sup>NS</sup> | 11,714 <sup>NS</sup> |

Fonte: Valores estimados a partir dos dados originais do IBGE e FUNCEME (vários anos).

Nota: \*Significante a 1% de probabilidade; \*\*\*Significante a 10% de probabilidade; NS = não significativamente diferente de zero ao menos a 10%.

A estimativa para o coeficiente associado a uma defasagem não se mostrou estatisticamente diferente de zero. O resultado encontrado na estimação dos coeficientes do modelo utilizado para fazer previsão de produtividades de grãos no Semiárido do Ceará sugere que essas previsões ficam mais otimistas quando se incorporam as chuvas no processo de antevisão. Este resultado que confirma a dependência acentuada dessas lavouras a esse fenômeno natural e denuncia que os procedimentos de irrigação ainda não fazem parte, de forma incisiva, no pacote tecnológico que é utilizado para as lavouras que fazem parte desse grupo de grãos no Semiárido do Ceará. (Tabela 4).

**2.4 ROBUSTEZ DOS MODELOS DE PREVISÕES**

Os modelos estimados na pesquisa para fazerem previsões de áreas colhidas, produtividades e preços médios de grãos no Semiárido do Ceará foram testados para avaliar as suas capacidades preditivas. As referências são os valores observados. Estimaram-se os coeficientes de correlação de Pearson entre os valores observados e os previstos pelos modelos estimados tanto desconsiderando como desconsiderando a interferência das chuvas. Esses resultados estão expostos na Tabela 5. Nesta Tabela observa-se que todos os coeficientes estimados de correlação foram estatisticamente diferentes de zero ao nível de 1% de probabilidade de erro.

Tabela 5: Coeficientes de Correlação entre as Séries Previstas das Variáveis Endógenas com e sem a interferência das chuvas nas previsões.

| Valores Observados | Valores Previstos Sem Interferência das Chuvas |               |        | Valores Previstos com Interferência das Chuvas |               |        |
|--------------------|--|---------------|--------|--|---------------|--------|
|                    | Área   | Produtividade | Preços | Área   | Produtividade | Preços |
| Área               | 0,821*   | -             | -      | 0,860*   | -             | -      |
| Produtividade      | -  | 0,610*        | -      | -  | 0,722*        | -      |
| Preço              | -  | -             | 0,762  | -  | -             | 0,794* |

Fonte: Valores estimados a partir dos dados originais do IBGE e FUNCEME (vários anos).

Nota: \*Significante a 1% de probabilidade.

As evidências mostradas na Tabela 5 sugerem que é possível a obtenção de ajustamentos nas previsões das séries temporais de áreas colhidas, produtividades e preços dos grãos, tanto utilizando as chuvas como fator impactante, como não utilizando as chuvas influenciando nessas previsões. Contudo, observa-se que as previsões impactadas com a incorporação da pluviometria apresentam maiores coeficientes de correlação com os valores observados das respectivas séries. Isto significa que são mais robustas e mais confiáveis.

Esses resultados corroboram com as suposições feitas para a elaboração deste trabalho de que essas flutuações irregulares de chuvas dificultam a previsão e, por consequência, executar o planejamento da produção de grãos no Semiárido no Ceará. Uma informação que já parecia ser senso comum, mas que não se tinha a dimensão científica da sua relevância.

Como não é possível prever pluviometria, na prática as previsões das variáveis relevantes para a produção de grãos terão que ser feitas sem utilizar essa variável como definidora. Mas no estudo, estimaram-se as probabilidades de ocorrências de chuvas no Semiárido do Ceará nas modalidades de períodos de estiagem, de normalidade e chuvoso, bem como os valores

médios observados com os respectivos coeficientes de variações em cada um desses períodos, pode ser de utilidade para a formação de simulações, serem construídos cenários e fazer a previsão para cada um deles, como os caracterizados anteriormente.

#### **4. CONCLUSÕES**

A conclusão geral do trabalho é que todos os objetivos foram alcançados dentro das suposições estabelecidas na sua formatação. Em termos gerais, também se conclui que o planejamento para a produção de grãos no Semiárido do Ceará e, acredita-se que se pode inferir para outras áreas do Semiárido brasileiro, é fortemente impactada pela instabilidade pluviométrica que caracteriza esse ecossistema.

Delimitaram-se três faixas de pluviometria: chuvosa, normal e estiagem, cujas médias são estatisticamente diferentes e que podem ser hierarquizada, sendo que o período de estiagem apresentou a menor média e o período chuvoso a maior. Demonstrou-se que a instabilidade da pluviométrica no Ceará, entre 1947 e 2017, transbordou para as variáveis associadas à produção de grãos no Semiárido do estado: valor da produção, produção, área colhida e produtividade. Os preços não parecem oscilar de forma significativa com a instabilidade pluviométrica. Todas essas variáveis, exceção dos preços, apresentam valores estatisticamente diferentes dentro das faixas de pluviometria criadas no trabalho, sendo que as menores médias sempre aconteceram nos anos de estiagem.

Todas as variáveis associadas à produção de grãos no Ceará apresentaram elevadas instabilidades induzidas pelos diferentes regimes pluviométricos que a pesquisa conseguiu mapear. Os preços médios dos grãos apresentaram a maior heterogeneidade (instabilidade) ao longo do período estudado.

Comprovaram-se as hipóteses básicas da pesquisa de que a pluviometria é instável e exercita influencia sobre as previsões das variáveis endógenas que definem a produção de grãos no Semiárido do Ceará: área colhida, produtividade da terra e preços médios. Como é impossível prever a ocorrência de chuvas, fica difícil antever o que provavelmente acontecerá com essa variável no futuro. O que pode ser feito é a construção de cenários, a partir das probabilidades de ocorrência de estiagem, normalidade pluviométrica ou períodos chuvosos e incorporar valores médios desses períodos para fazer previsões da produção de grãos no Semiárido no Ceará.

Assim, a conclusão geral a que se chega no presente trabalho é a de que a pluviometria é fator relevante na determinação de modelos de previsão da produção de grãos no Semiárido

do Ceará. Outra conclusão geral é que, além de ser difícil cultivar lavouras no Semiárido em virtude da instabilidade pluviométrica, essa mesma instabilidade dificulta planejar futuras produções agrícolas em áreas sob esse ecossistema no Ceará. Resultado que se acredita possa ser inferido para a produção agrícola em todas as áreas que estão sob o Semiárido no Brasil.

Acredita-se que os resultados encontrados na pesquisa possam ser de utilidade para a formatação do planejamento da produção de grãos no Semiárido do Ceará, tendo em vistas que o trabalho conseguiu construir formatos para projeção de variáveis que são definidoras na produção desses grãos: áreas colhidas, produtividades da terra e preços médios.

### REFERÊNCIAS

- ASSAD, E.; PINTO, H. S. **Aquecimento Global e a Nova Geografia da produção agrícola no Brasil**. EMBRAPA-CEPAGRI, São Paulo, Agosto 2008. 82 p.
- BOX, G. E. P.; JENKINS, G. M. **Time series analysis forecasting and control**. San Francisco: Holden-Day, 1976. Edição revisada.
- CEDEPLAR e FIOCRUZ. **Mudanças Climáticas, Migrações e Saúde: Cenários para o Nordeste Brasileiro, 2000-2050**. Belo Horizonte: CEDEPLAR/FICRUZ, Relatório de Pesquisa (Research Report), julho de 2008.
- COCHRANE, J.H. **Time Series for Macroeconomics and Finance**. Chicago, IL. 1997. Disponível em: <http://econ.lse.ac.uk/staff/wdenhaan/teach/cochrane.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2018.
- DESCHÊNES, O.; GREENSTONE, M. The economic impacts of climate change: evidence from agricultural output and random fluctuations in weather. **The American Economic Review**, v. 97, n. 1, p. 354-385, 2007.
- FISHER, S. Long-term contracts, rational expectations and the optimal money supply rule. **Journal of Political Economy**, Feb. 1977.
- FISHER, A.; HANEMANN, W. M.; ROBERTS, M. J.; SCHLENKER, W. **Climate change and agriculture reconsidered**. 2009. University of California, Berkeley Department of Agricultural & Resource Economics. CUDARE Working Papers. Disponível em: <<https://escholarship.org/uc/item/33v2d7vc.pdf>>. Acesso em 02 dez. 2017.
- FUNCEME, Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. **Evolução da pluviometria no Ceará entre 1947 e 2017**. Fortaleza, 2017. Disponível em:

<http://www.funceme.br/index.php/areas/23-monitoramento/meteorol%C3%B3gico/406-chuvas-di%C3%A1rias#todospelaagua2>. Acesso em: 20 nov. 2018.

GARCIA, C.H. **Tabelas para classificação do coeficiente de variação**. Piracicaba: IPEF, 1989. 12p. (Circular técnica, 171).

GOMES, F.P. **Curso de estatística experimental**. 13.ed. São Paulo: ESALQ/USP, 1985. 467p  
 IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal**. Vários anos. Banco SIDRA. Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/acervo#/S/PA/A/Q>.

LEMOS, J. J. S. **Pobreza e Vulnerabilidades Induzidas no Nordeste e no Semiárido Brasileiro**. Tese submetida como parte dos requisitos para o concurso destinado à promoção da classe Professor Titular da Universidade Federal do Ceará-UFC, Fortaleza, Ceará, junho de 2015.

MAKRIDAKIS, S.; WHEELWRIGHT, S.;HYNDMAN, R. J. **Forecasting methods and applications**. 3. ed. New York: John Wiley & Sons,1998.

MALLARI, A. E. C. Climate Change Vulnerability Assessment in the Agriculture Sector: Typhoon Santi Experience. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 216, p. 440 – 451, 2016.

MARENGO, J. A.; ALVES, L.M.; BESERRA, E. A.; LACERDA, F. F. **Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro**. In: Salomão de Sousa Medeiros, Hans Raj Gheyi, Carlos de Oliveira Galvão, Vital Pedro da Silva Paz. (Org.). Recursos Hídricos e Regiões Áridas e Semiáridas. Campina Grande, PB: INSA, 2011, p. 383-416.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. **Resolução nº 115, de 23 de novembro de 2017**. Diário Oficial da União. Conselho Deliberativo da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste – SUDENE, 2017. Disponível em:

<<http://sudene.gov.br/images/arquivos/semiariado/arquivos/resolucao115-23112017-delimitacaodosemiariado-DOU.pdf>>. Acesso em: 20 dez. 2017.

MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. M. C. **Análise de Séries Temporais**. 2. São Paulo, SP. ABE - Projeto Fisher, Edgard Blücher, 2006.

ONU, Organização das Nações Unidas. 2017. **Mudanças climáticas devem intensificar deslocamentos forçados, dizem especialistas**. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/mudancas-climaticas-devem-intensificar-deslocamentos-forcados-dizem-especialistas/>. Acesso em: 20 dez. 2018.

## ***Brazilian Journal of Development***

SORENSEN, A.T. Equilibrium Price Dispersion in Retail Markets for Prescription Drugs.

**Journal of Political Economy**. Chicago. vol. 108. P.833- 850. 2000. Disponível em:

<https://pdfs.semanticscholar.org/3b1a/6ba76440c8095d7dcc5e07317461ba38923d.pdf>. Acesso em: 20

nov. 2018.

WOOLDRIDGE, J.M. **Introductory econometrics: A modern approach**. South Western Educational Publishing, 2012. 881 p.