



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS AGROINDUSTRIAIS

SAMARA NÓBREGA DE OLIVEIRA

**ANÁLISE COMPORTAMENTAL DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA NO MUNICÍPIO
DE SOUSA-PB EM PERÍODO DE ESCASSEZ HÍDRICA**

POMBAL-PB

2023

SAMARA NÓBREGA DE OLIVEIRA

**ANÁLISE COMPORTAMENTAL DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA NO MUNICÍPIO DE
SOUSA-PB EM PERÍODO DE ESCASSEZ HÍDRICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas Agroindustriais da Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, Campus de Pombal-PB, como requisito necessário para obtenção do título de mestra.

Área de Concentração: Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Manoel Moisés Ferreira de Queiroz.

POMBAL-PB

2023

O48a Oliveira, Samara Nóbrega de.
Análise comportamental da produção agrícola no município de Sousa-PB em período de escassez hídrica / Samara Nóbrega de Oliveira. – Pombal, 2023.
45 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Gestão e Sistemas Agroindustriais) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2023.

“Orientação: Prof. Dr. Manoel Moisés Ferreira de Queiroz”.
Referências.


1. Produção agrícola. 2. Perímetro Irrigado de São Gonçalo. 3. Perímetro Irrigado das Várzeas de Sousa. 4. Séries temporais. 5. Mann-Kendall. I. Queiroz, Manoel Moisés Ferreira. II. Título.

CDU 631(043)


ANÁLISE COMPORTAMENTAL DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA NO MUNICÍPIO DE SOUSA-PB EM PERÍODO DE ESCASSEZ HÍDRICA

Dissertação Defendida e Aprovada pela comissão Examinadora em 05/12/2023.

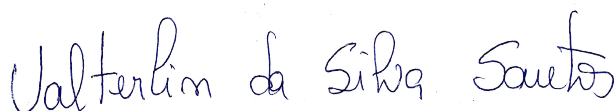
BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 MANOEL MOISES FERREIRA DE QUEIROZ
Data: 16/05/2024 16:18:25-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Manoel Moisés Ferreira de Queiroz
Orientador (Presidente da Banca)
Universidade Federal de Campina Grande

Documento assinado digitalmente
 VIRGINIA DE FATIMA BEZERRA NOGUEIRA
Data: 16/05/2024 09:37:02-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dra. Virgínia de Fátima Bezerra Nogueira
Membro da Banca (Avaliador Interno)
Universidade Federal de Campina Grande



Prof. Dr. Valterlin da Silva Santos
Membro da Banca (Avaliador Externo)
Universidade Federal de Campina Grande

POMBAL-PB

2023

AGRADECIMENTOS

Gratidão a Deus por me conceder saúde e oportunidades para lutar e realizar os meus sonhos. Sinto o seu cuidado, proteção e bençãos em minha vida.

Gratidão também ao meu esposo Valdeir Filho que sempre me incentivou a persistir na busca de meus sonhos, especialmente em momentos de grandes desafios como foi esse ano de 2023.

Gratidão especial a minha mãe Julieta que sempre me ensinou a ter coragem desde cedo para buscar meus objetivos e me mostrou que por meio da educação eu poderia chegar aonde quisesse.

Gratidão aos professores que tive/tenho e que são minhas maiores inspirações como profissionais da educação, em especial ao meu professor orientador Manoel Moisés por toda as conversas, orientações, apoio e confiança especialmente no período de estágio supervisionado.

Gratidão a todos os amigos e familiares que acreditaram nesse sonho junto comigo.

“E tudo quanto pedirdes em oração, crendo, recebereis”.

(Mateus 21:22)

RESUMO

A escassez hídrica periódica no semiárido nordestino tem afetado a produção agrícola e consequentemente a economia da região. A última crise hídrica ocorrida nessa região entre os anos de 2012 e 2017 ocasionou a perda quase total da produção agrícola em diversos municípios. Nesse perfil se enquadra o município de Sousa, localizado no sertão da Paraíba que teve um decréscimo relevante na produção agrícola dos seus dois perímetros irrigados: Perímetro Irrigado de São Gonçalo (PISG) e Perímetro Irrigado das Várzeas de Sousa (PIVAS). As produções de coco e banana que são as principais culturas de ambos os perímetros se tornaram irrelevantes para o comércio da região, ocasionando por consequência o desemprego de colonos e demais envolvidos na produção. O objetivo dessa pesquisa é verificar qual o comportamento dessa crise por meio de análises estatísticas da produção das principais culturas agrícolas do município de Sousa-PB de forma concomitante ao volume hídrico dos reservatórios que atendem essa produção no período de 1994 a 2022. Quanto aos procedimentos metodológicos foi aplicada a estatística descritiva sobre os dados de produção agrícola municipal bem como volume dos reservatórios abastecedores dos perímetros. Utilizou-se os testes de Mann-Kendall (tendência), Pettitt (homogeneidade) e Dickey Fuller (estacionariedade). Os resultados mostram que todas as culturas apresentaram uma queda significativa no período de estiagem (2012 a 2017). Para as culturas de banana, coco e milho verificou-se que não há uma tendência na série e para a homogeneidade constatou-se que apenas o milho e feijão não apresentaram quebra na série, ou seja, a variância dos dados girou em tornou de uma única média, corroborando com o teste de estacionariedade o qual demonstrou também que apenas essas culturas se comportam de forma estacionária. A aplicação dos testes nos reservatórios de Mãe d'água e São Gonçalo, abastecedores dos perímetros, também apresentaram decréscimo no período de estiagem, bem como ruptura quanto a homogeneidade. A série apresentou-se como não estacionária e embora o reservatório de Mãe d'água tenha apresentado uma leve tendência, esta se comportou de forma negativa. Assim, embora algumas culturas tenham evidenciado um crescimento de produção a partir dessa crise, nenhuma das culturas voltou a produzir como anterior ao período da crise hídrica. Também é possível afirmar que há uma relação entre o decréscimo da produção agrícola com o volume dos reservatórios de São Gonçalo e Mãe D'água, pois as perdas ocorreram no mesmo período (2012 a 2017) e causando impactos econômicos e sociais em toda região.

Palavras-chave: Séries temporais; Perímetro Irrigado de São Gonçalo; Perímetro Irrigado das Várzeas de Sousa; Mann-Kendall.

ABSTRACT

Periodic water deficiency in the semi-arid northeast has affected agricultural production and consequently the region's economy. The last water crisis that occurred in this region between 2012 and 2017 caused the almost total loss of agricultural production in several municipalities. The municipality of Sousa fits into this profile, located in the hinterland of Paraíba, which had a relevant decree on agricultural production in its two irrigated perimeters: Irrigated Perimeter of São Gonçalo (PISG) and Irrigated Perimeter of Várzeas de Sousa (PIVAS). Coconut and banana production, which are the main crops in both perimeters, became irrelevant to the region's trade, resulting in unemployment among settlers and others involved in production. The objective of this research is to verify the behavior of this crisis through statistical analyzes of the production of the main agricultural crops in the municipality of Sousa-PB concomitantly with the water volume of the reservoirs that serve this production in the period from 1994 to 2022. Regarding procedures The methodological methods were applied to descriptive statistics on municipal agricultural production data as well as the volume of reservoirs supplying the perimeters. The Mann-Kendall (trend), Pettitt (homogeneity) and Dickey Fuller (stationarity) tests were used. The results show that all crops showed a significant drop during the dry period (2012 to 2017). For banana, coconut and corn crops it was found that there is no trend in the series and for homogeneity it was found that only corn and beans did not show a break in the series, that is, the variance of the data turned around a single average, corroborating the stationarity test which also demonstrated that only these crops behave in a stationary manner. The application of tests in the Mãe d'água and São Gonçalo reservoirs, which supply the perimeters, also showed a decrease during the dry period, as well as a rupture in homogeneity. The series appeared as non-stationary and although the Mãe d'água reservoir showed a slight trend, it behaved negatively. Thus, although some crops showed an increase in production after this crisis, none of the crops returned to production as before the period of the water crisis. It is also possible to state that there is a relationship between the decrease in agricultural production and the volume of the São Gonçalo and Mãe D'água reservoirs, as the losses occurred in the same period (2012 to 2017) and caused economic and social impacts throughout the region.

Key words: Time series; São Gonçalo Irrigated Perimeter; Irrigated Perimeter of the Sousa Floodplains; Mann-Kendall.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Áreas públicas irrigáveis administradas pela Codevasf e Dnocs em 2013.....	17
Figura 2 - Volume do Açude de São Gonçalo entre os anos de 2012 e 2017	18
Figura 3 – Volume do Açude de Mãe d’água entre os anos de 2012 e 2017	20
Figura 4 – Fluxograma dos procedimentos metodológicos.....	25
Figura 5 - Localização do Perímetro Irrigado de São Gonçalo e Núcleos Habitacionais	26
Figura 6 – Localização do PIVAS e Canal da Redenção	27
Figura 7 – Seleção dos comandos para realização do teste de Mann Kendall.....	30
Figura 8 – Teste de Mann Kendall	30
Figura 9 – Seleção de dados para o Teste de Pettitt	31
Figura 10 – Seleção dos dados para realização do Teste de Dickey-Fuller.....	32
Figura 11 – Gráficos do comportamento da produção agrícola pelos anos estudados.....	34
Figura 12 – Gráficos dos resultados do teste de Pettitt para as culturas de algodão, arroz, banana, coco, feijão, milho.....	36
Figura 13 – Gráficos do comportamento do volume médio dos reservatórios que abastecem os Perímetros Irrigados do município de Sousa/PB.....	38
Figura 14 - Gráficos dos resultados do teste de Pettitt para o volume médio dos reservatórios que abastecem os Perímetros Irrigados do município de Sousa/PB.....	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Média de porcentagem de área plantada relacionada com a área total, em hectares, por cultura dos anos de 1994-2022.....	33
Tabela 2 - Estatística descritiva da série histórica da produção das culturas do município de Sousa-PB	33
Tabela 3 – Resultado teste de Mann-Kendall para as culturas num nível de significância de 5%.....	35
Tabela 4 – Resultado teste de Pettitt para as culturas num nível de significância de 5%.....	35
Tabela 5 – Resultado teste de Dickey-Fuller para as culturas num nível de significância de 5%	37
Tabela 6 – Resultado teste de Mann-Kendall para o volume médio dos reservatórios que abastecem os perímetros irrigados de Sousa/PB num nível de significância de 5%	38
Tabela 7 – Resultado teste de Pettitt para o volume médio dos reservatórios que abastecem os perímetros irrigados de Sousa/PB num nível de significância de 5%	39
Tabela 8 – Resultado teste de Dickey-Fuller para o volume médio dos reservatórios que abastecem os perímetros irrigados de Sousa/PB num nível de significância de 5%	40

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba

ARMA – Autoregressive Moving Average

CODEVASF - Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba

DNOCS - Departamento Nacional de Obras Contra as Secas

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IFOCS - Inspetoria Federal de Obras contra as Secas

PAM – Produção Agrícola Municipal

PNRH – Política Nacional de Recursos Hídricos

PIN – Política de Irrigação Nacional

PISG – Perímetro Irrigado de São Gonçalo

PIVAS – Perímetro Irrigado das Várzeas de Sousa

SEDAP – Secretaria de Desenvolvimento da Agropecuária e da Pesca da Paraíba

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVOS	13
2.1. OBJETIVO GERAL	13
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3. JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA	14
4. REFERENCIAL TEÓRICO	16
4.1. PERÍMETROS IRRIGADOS DO MUNICÍPIO DE SOUSA-PB	16
4.1.1. Perímetro Irrigado de São Gonçalo (PISG).....	17
4.1.2. Perímetro Irrigado das Várzeas de Sousa.....	19
4.2. SÉRIES TEMPORAIS	20
4.2.1. Teste de Mann-Kendall	21
4.2.2. Teste de Pettitt	22
4.2.3. Teste de Dickey-Fuller	23
5. METODOLOGIA	25
5.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	25
5.2. LEVANTAMENTO DOS DADOS.....	28
5.3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	28
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
7. CONCLUSÕES	41
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42

1. INTRODUÇÃO

A escassez periódica de chuvas no semiárido nordestino é um tema de alta relevância para a região, especialmente pelo crescimento da demanda hídrica e a existência de períodos de estiagens prolongados. A última seca ocorreu entre 2012 e 2017 e pode ser considerada uma das piores secas na região onde diversos reservatórios atingiram o nível mínimo de disponibilidade hídrica causando prejuízos à agricultura, pecuária e, sobretudo ao ser humano.

Para amenizar o efeito da seca no Nordeste o governo brasileiro criou o Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), antes denominado Inspetoria Federal de Obras Contra as Secas (IFOCS), que foi responsável pela construção de açudes e perímetros públicos de irrigação, cujo gerenciamento era de responsabilidade do Governo Federal. Com o processo de emancipação, o desenvolvimento das práticas agrícolas na região ficou sob a responsabilidade dos colonos em parceria com o Governo Federal (Tavares et al., 2022).

Mesmo diante de tais dificuldades hídricas, o Nordeste é responsável por 29% da produção nacional de frutas, caracterizada pela diversidade de culturas, atingindo mais de 90% da área cultivada (IBGE, 2022). No entanto, após a crise hídrica de 2012 houve a redução significativa dos cultivos agrícolas, chegando a afetar até mesmo os cultivos sequeiros e, principalmente, os cultivos irrigados que passaram por restrições quanto à disponibilidade da água para a produção.

Nesse contexto, encontra-se o município de Sousa-PB onde existe dois perímetros irrigados: o Perímetro Irrigado de São Gonçalo (PISG) e o Perímetro Irrigado das Várzeas de Sousa (PIVAS), que se destacam pelo cultivo de culturas agrícolas de alto valor comercial e proporcionam a produção de alimentos e matérias-primas com geração de riqueza e emprego para o desenvolvimento da região e do Estado.

O PISG é abastecido pelo reservatório de São Gonçalo possuindo capacidade atual máxima de 40.582.277 m³ enquanto o PIVAS é abastecido pelo reservatório de Mãe D'água possuindo capacidade de armazenamento hídrico de 545.017.499 m³ (DNOCS, 2019). No período de estiagem (2012 a 2017), ambos os reservatórios chegaram a atingir volumes mínimos de armazenamento, sendo São Gonçalo nos anos de 2015 a 2016 e Mãe D'água nos anos de 2016 a 2018 (AESAs, 2023).

De acordo com Siqueira et al. (2018), os colonos do PISG tiveram reduções na produção, chegando a perdas na magnitude de 92,72% na produção de coco e banana, que são as principais culturas cultivadas pelos colonos no Perímetro. Conseqüentemente, o desemprego atingiu até 95% dos agricultores neste setor, tornando a escassez hídrica fator

limitante para o desenvolvimento econômico, social e ambiental da região (Fernandes et al., 2015).

O ápice da crise hídrica do PIVAS, entre os anos 2016 e 2017, também afetou negativamente a produção no perímetro uma vez que o volume liberado de Mãe d'água passou de 3,0 m³/s para 0,5 m³/s, tornando insuficiente para o mantimento da área total plantada, onde as principais culturas, concomitantemente ao PISG, eram as do coco e banana pelos pequenos produtores, e o sorgo, milho e algodão pelos lotes empresariais (Rodrigues e Costa, 2021).

Dentre os fatores que contribuíram para a escassez de água na região do PISG destaca-se o método de irrigação que é realizado por inundação sendo considerado um método obsoleto e de elevado desperdício hídrico (Silva et al. 2017).

O PIVAS por sua vez, tem como um dos métodos de irrigação mais utilizados a microaspersão sendo considerada como um dos mais racionais e eficazes para a região semiárida nordestina diante do déficit de disponibilidade hídrica da região como também as condições do solo que são mais propícios a degradação devido a salinização (Pordeus e Barros, 2018).

Assim, diante do histórico de escassez hídrica e diante da última seca que praticamente cessou a produção agrícola do município de Sousa-PB, o estudo tem como problemática verificar qual o comportamento dessa crise na produção agrícola.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

O objetivo do trabalho é verificar o comportamento da produção das principais culturas agrícolas do município de Sousa-PB relacionando ao volume hídrico dos reservatórios que atendem essa produção no período de 1994 a 2022.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar e caracterizar as principais culturas agrícolas cultivadas do município de Sousa-PB;
- Verificar o comportamento de tais culturas e o volume dos reservatórios que abastecem os perímetros irrigados do município de Sousa-PB no período de 1994 a 2022;
- Aplicar testes estatísticos a fim de verificar se houve ou não uma tendência, homogeneidade e estacionariedade dos dados coletados.

3. JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA

O município de Sousa localizado no sertão da Paraíba está entre os municípios prejudicados pela estiagem ocorrida entre os anos de 2012 e 2017. A cidade conta com dois perímetros irrigados que são o Perímetro Irrigado de São Gonçalo e o Perímetro Irrigado das Várzeas de Sousa os quais apresentaram perdas significativas em suas produções agrícolas.

O Perímetro Irrigado de São Gonçalo sofreu com altas perdas na produção agrícola causando vários prejuízos financeiros além de dificuldades na vida das famílias ribeirinhas que há gerações dependiam da renda advinda do cultivo das culturas agrícolas (Silva et. al, 2017). Nesse mesmo aspecto, além das consequências relacionadas ao decréscimo na cadeia produtiva, o Perímetro Irrigado das Várzeas de Sousa contou com uma perda estimada em 16 milhões de reais anuais nos anos de 2015 e 2016 (Sousa Júnior, 2018).

Os principais cultivos desses perímetros eram o coco e a banana, mas devido essa situação de crise hídrica, ambas as produções tiveram perda de quase 100% de seu plantio e produção, sendo a agricultura de maneira geral e a pecuária as práticas mais afetadas pela falta d'água, juntamente com o turismo da região. Essa situação acarretou um desemprego de até 98% da população no setor agrícola, na qual os paraibanos deixaram de lucrar milhões ao ano tornando a produção agrícola irrelevante, sendo insuficiente até mesmo para a comercialização na própria cidade (Silva et al., 2017).

Além da perda da produção, constataram-se, também, grandes problemas sociais, como a falta de emprego, o aumento no número de assaltos e a saída dos filhos dos colonos para os centros urbanos e para outros estados, provocando o êxodo rural. Foram verificados, ainda, problemas ambientais, como o aumento do uso de agrotóxicos, que causam sérios danos ao solo, à água, aos animais, às plantas e ao ser humano (Siqueira et al., 2018).

O setor agroindustrial da região também foi afetado com a escassez de matéria prima e mão de obra rural, passando a adquirir determinados insumos a um custo maior ou até mesmo restringindo a produção, proporcionando assim um crescimento negativo da economia regional, como a limitação no recolhimento de impostos e geração de trabalho local, uma vez que esse setor é responsável pela empregabilidade direta e indireta advindas integração da produção agropecuária rural e do sistema industrial.

Dessa forma, a pesquisa se justificou pela relevância da produção agrícola para o desenvolvimento econômico da cidade de Sousa, pois o cultivo dessas culturas tem impacto marcante na geração de renda para a região e afeta diretamente o comércio local. Ademais, o estudo do comportamento das culturas agrícolas e sua relação com a disponibilidade hídrica

dos reservatórios que viabiliza a produção do município é de fundamental importância para que os colonos possam repensar sobre as formas de utilização dos recursos hídricos no processo de irrigação buscando sua otimização através de métodos que proporcionem um menor consumo de água sem afetar a produção.

A pesquisa também tem relevância no meio acadêmico especialmente por ser um fato considerado recente e que necessita de estudos em diversos aspectos a fim de garantir a retomada eficiente e eficaz da produção agrícola do município de Sousa bem como estimular novas pesquisas relacionadas à prevenção e formas de buscar manter o cultivo estável mesmo em períodos de crises hídricas semelhantes à de 2012, evitando assim perdas desse porte.

4. REFERENCIAL TEÓRICO

4.1. AGRICULTURA IRRIGADA DO MUNICÍPIO DE SOUSA-PB

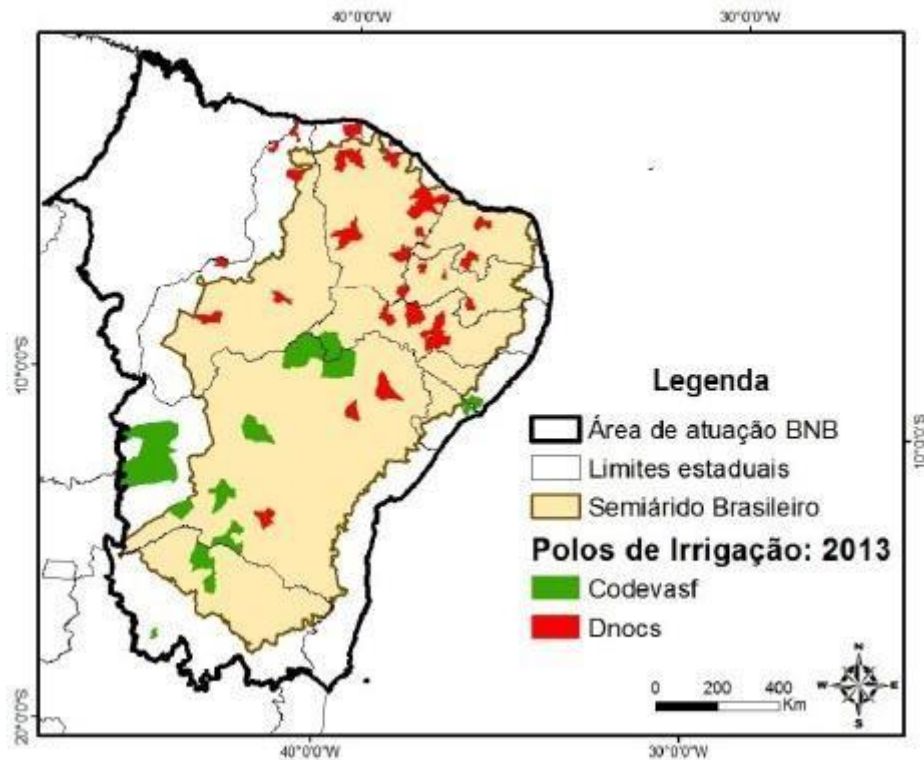
A construção de perímetros irrigados na região semiárida do Nordeste brasileiro foi elaborada como um novo modelo de gestão que atua de forma estratégica geopolítica cujo objetivo é o crescimento e modernização da atividade agrícola. Para tanto, a instituição da Lei 4.504 de 1964 dispõe sobre o Estatuto da Terra, que busca regular os direitos e obrigações concernentes aos bens imóveis rurais, com o intuito da execução da Reforma Agrária e melhoria da Política Agrícola (BRASIL, 1964).

O investimento do governo federal no Nordeste possibilitou o desenvolvimento da infraestrutura de irrigação e produção de energia elétrica que favoreceram a geração de emprego bem como o aumento da renda regional (Rodrigues e Domingues, 2017). Apesar das adversidades na implantação do projeto, o processo de irrigação veio suprir as necessidades dos pequenos produtores e acarretou resultados positivos no desenvolvimento socioeconômico regional.

O Estado é responsável pela demarcação e implantação de projetos públicos e políticas institucionais de agricultura irrigada nos perímetros buscando assim a associação de condições favoráveis para a maximização da produtividade agrícola (Pontes et al., 2013). É realizado o estudo das áreas com maior capacidade produtiva considerando as propriedades do solo, bem como sua disponibilidade hídrica e o histórico dos tipos de culturas agricultáveis naquela região.

As áreas públicas irrigáveis na região Nordeste são administradas pela Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF) e pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS), compreendendo 69 municípios que são distribuídos em 8 estados nordestinos (excetuando o Maranhão) e norte de Minas Gerais, ocupando uma área de 190,8 mil hectares, conforme figura 1 (TCU, 2015).

Figura 1 - Áreas públicas irrigáveis administradas pela Codevasf e Dnocs em 2013



Fonte: TCU (2015)

O DNOCS foi o órgão responsável pela iniciativa de construção de açudes e projetos de irrigação no Nordeste, quando ainda era denominado de Inspetoria Federal de Obras contra as Secas (IFOCS), como forma de amenizar a escassez hídrica sofrida pela região. De acordo com Araújo e Amâncio Filho (2014), o órgão passa por um processo de reestruturação onde busca se adequar as novas políticas de desenvolvimento sustentável da região, fundamentada na Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH).

Dentre os principais perímetros públicos irrigáveis destacam-se o Perímetro Irrigado das Várzeas de Sousa (PIVAS) atualmente coordenado pela Secretaria de Desenvolvimento da Agropecuária e da Pesca da Paraíba (SEDAP) e o Perímetro Irrigado de São Gonçalo (PISG) administrado pelo DNOCS. Ambos estão localizados em solo de textura argilosa na Bacia do rio do Peixe e do Alto curso do rio Piranhas com ênfase na produção de fruticulturas e algodão (ANA, 2018a).

4.1.1. Perímetro Irrigado de São Gonçalo (PISG)

O Perímetro Irrigado de São Gonçalo teve sua implantação iniciada no ano de 1972, enquanto os serviços de administração, operação e manutenção da infraestrutura de uso

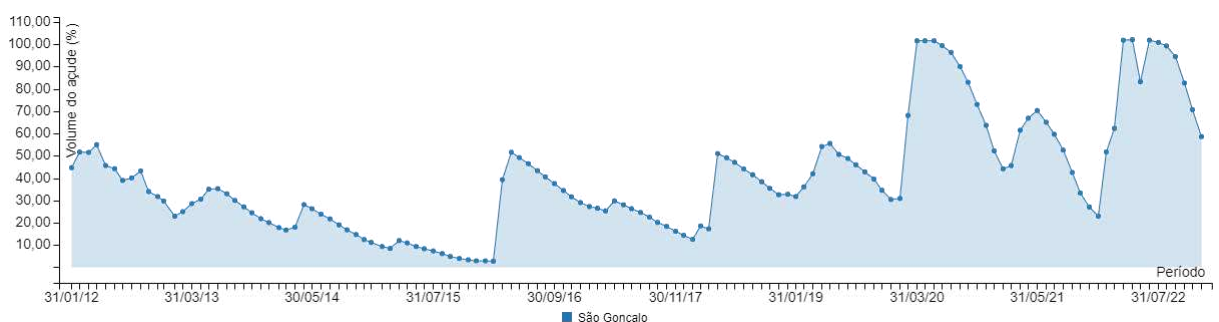
comum foram implementados a partir de 1973 pelo DNOCS e fica localizado entre o município de Sousa e Marizópolis. A irrigação ocorre por meio de sulcos e inundação, possibilitando o cultivo de diversas culturas agrícolas assumindo assim papel fundamental para a expansão da economia de Sousa e região (ANA, 2018).

No entanto, o PISG teve resultados negativos diante do crítico cenário hídrico nos anos de 2012 a 2017, como a perda quase total das culturas agrícolas irrigadas, ocasionando por consequência o desemprego, redução da renda familiar e migração dos colonos para os centros urbanos em busca de trabalho e estabilidade financeira (Oliveira et al, 2017).

O PISG é abastecido pelo Açude de São Gonçalo localizado na região do alto curso do Rio Piranhas mais precisamente em São Gonçalo considerado distrito de Sousa, o qual possui capacidade máxima atual de armazenamento de 40.582 m³ de água, onde opera desde 1936 quando foi oficialmente inaugurado (Silva Neto, 2013). Além do abastecimento do distrito, o referido açude também é responsável pelo abastecimento dos municípios de Sousa, Marizópolis e Nazarezinho.

Em consulta à Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs) sobre o Açude de São Gonçalo, verificou-se que no período de seca compreendido entre 2012 e 2017 (Figura 2), o volume do açude passou de aproximadamente 20 milhões de m³ em janeiro de 2012 para 1,2 milhões de m³ em janeiro de 2016, chegando pela primeira vez ao volume morto desde sua inauguração com 2,73% de sua capacidade total (AESAs, 2023).

Figura 2 - Volume do Açude de São Gonçalo entre os anos de 2012 e 2022.



Fonte: AESAs, 2023.

De acordo com Siqueira et al. (2018), apesar das diversas culturas existentes no PISG como a goiaba, maracujá, arroz, feijão, milho, tomate, algodão herbáceo e capim de corte, as maiores produções no perímetro são de coco e banana que representam juntas 52,73% do cultivo total da área irrigada enquanto as demais culturas simbolizam 47,27% da produção.

Nesse contexto, estudos realizados por Oliveira et al. (2017), constataram que 89% dos agricultores deixaram de cultivar no PISG com a seca, tendo estes que sobreviverem de renda de aposentadorias em sua maioria ou de outras atividades. Com a diminuição continuada do volume do reservatório, as autoridades também proibiram a utilização das águas do açude de São Gonçalo para qualquer tipo de atividade que não fosse consumo humano e dessedentação animal, fundamentando-se na lei 9.433/97.

A perda das produções agrícolas somadas ao endividamento por parte dos colonos pela realização de empréstimos na tentativa de manter as culturas do perímetro afetaram também a economia e conseqüentemente o desenvolvimento do município de Sousa e região. A situação se tornou ainda pior com a implantação do racionamento, onde muitas pessoas ficaram sem o abastecimento d'água até mesmo para o consumo humano devido à baixa vazão impossibilitar o bombeamento a todas as localidades, restando como solução o abastecimento por meio de caminhão pipa ou perfuração de poços artesianos.

Também como solução provisória, o governo inaugurou em dezembro de 2015 a adutora emergencial do pintado que fornecia entre 60 e 80 m³ de água por segundo, captando a água diretamente do Açude de Mãe d'água (Filgueira, Vieira e Rosendo, 2018). A distribuição do precioso líquido ocorria de forma racionalizada em dias específicos da semana, geralmente eram três dias de disponibilidade hídrica para cada setor.

Atualmente o volume do reservatório tem sido suficiente para as atividades agrícolas desenvolvidas no PISG, dessedentação animal e consumo humano. As chuvas anuais que são responsáveis pela recarga do açude estão ocorrendo de forma regular até então, promovendo aos poucos a retomada o cultivo das culturas agrícolas do perímetro.

4.1.2. Perímetro Irrigado das Várzeas de Sousa

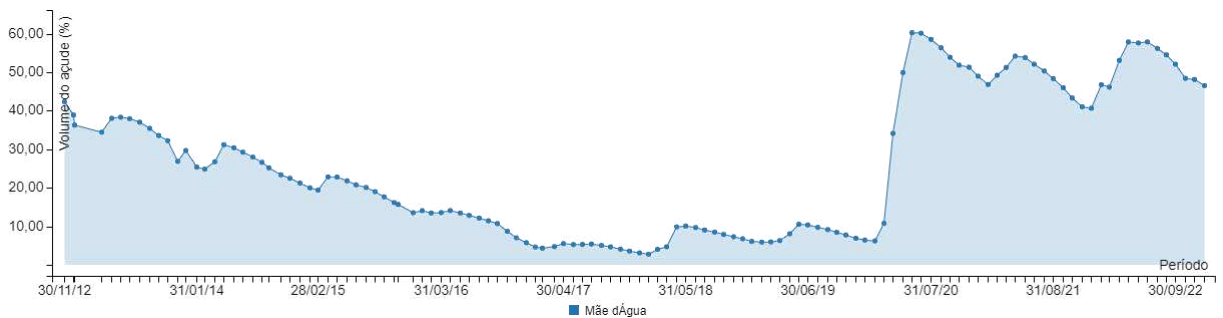
O planejamento e a instauração do Perímetro Irrigado Várzeas de Sousa iniciou por volta de 1990 através da Política de Irrigação Nacional (PIN), e sob a orientação do Novo Modelo de Irrigação Pública. O PIVAS fica localizado entre o município de Sousa e Aparecida, na mesorregião do sertão do estado da Paraíba (Gomes e Gomes, 2022).

A segregação e alocação dos lotes foi uma realização do governo do estado da Paraíba juntamente com o governo federal entre empresas e agricultores familiares a fim de estimular um maior investimento e conseqüente desenvolvimento econômico da região por meio do cultivo de produtos agroalimentares, podendo estes serem comercializados em diferentes mercados (Gomes e Gomes, 2022).

Com a seca persistente entre os anos de 2012 e 2017 a distribuição de água para o perímetro foi reduzida e os assentamentos localizados em uma área de maior altitude ou mais distantes dos pontos de tomada d'água passaram por dificuldades para aquisição do recurso hídrico uma vez que a distribuição ocorre no sentido Sul para o Norte (Regala, 2019).

A restrição da distribuição ocorreu principalmente pelo declínio na disponibilidade hídrica do Açude de Mãe d'água que é a fonte abastecedora do PIVAS. Conforme observa-se na Figura 3, é possível visualizar que o volume do reservatório obteve um maior decréscimo em a partir de março de 2015, atingindo menos de 10% de sua capacidade hídrica em outubro de 2016 com 8,71%.

Figura 3 – Volume do Açude de Mãe d'água entre os anos de 2012 e 2022



Fonte: AESA, 2023.

De acordo com Rodrigues e Costa (2021), em períodos de chuvas normais eram liberados cerca de $3 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, entretanto com a seca a liberação passou a ser de apenas $0,5 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$, chegando até menor devido a volumes que eram desviados no percurso por grupos empresariais de forma ilegal a fim de manter suas produções particulares. Tal fato prejudicou ainda mais os produtores que passaram a vender também os poucos animais que possuíam a fim de adquirir renda para o sustento familiar.

Ainda segundo os autores, a redução drástica do líquido ocasionou perdas de quase 70% das culturas do perímetro, com destaque para o coco e a banana que de forma semelhante ao PISG também eram as culturas mais cultiváveis na área. O investimento na perfuração de poços artesianos também foi uma tentativa frustrante pois a qualidade da água não era adequada para manter as produções agrícolas do perímetro, sendo só a partir de 2018 retomada as produções na região.

4.2. SÉRIES TEMPORAIS

A disponibilidade hídrica e suas formas de utilização impactam em diversos aspectos o desenvolvimento de uma região. A seca ocorrida entre os anos de 2012 e 2017 e suas consequências incitam a busca por uma melhor compreensão sobre a ocorrência desse fator (crise hídrica) e seus impactos a fim de iniciar uma tentativa de evitar ou amenizar os impactos negativos proporcionados (Costa, Becker e Brito, 2013).

Nesse contexto, uma das possibilidades de detectar e analisar o comportamento da disponibilidade hídrica e das produções agrícolas do município de Sousa-PB é por meio do estudo de tendências de antes, durante e após a última seca ocorrida. Para isso, existem diversos métodos de séries temporais possíveis e que podem considerar parâmetros mais simples como também mais complexos, mas todos possuem qualidade na apresentação dos resultados e são utilizados de acordo com a classificação da pesquisa.

O estudo das séries temporais conduz a necessidade da utilização de valores exatos, proporcionando assim um acompanhamento detalhado dos dados em termos numéricos como também através de gráficos que permitem uma melhor compreensão. Também é importante destacar que a coleta dessas informações precisa ser realizada de forma adequada para que forneçam resultados verídicos que possam auxiliar nas tomadas de decisões (Costa, Becker e Brito, 2013).

4.2.1. Teste de Mann-Kendall

Um dos testes mais indicados para análise de séries temporais é o teste de Mann-Kendall que se trata de um método estatística não-paramétrico o qual considera a hipótese de estabilidade de uma série temporal cujo seguimento de valores se apresenta de forma independente e a distribuição de probabilidade permanecendo sempre a mesma (Mann, 1945; Kendall, 1975).

A fórmula estatística desse teste é dada por (equação 1):

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sinal}(Y_j - Y_i)$$

Em que (equação 2):

$$\text{sinal}(Y_j - Y_i) = \begin{cases} +1 & \text{se } (Y_j - Y_i) > 0 \\ 0 & \text{se } (Y_j - Y_i) = 0 \\ -1 & \text{se } (Y_j - Y_i) < 0 \end{cases}$$

Para um quantitativo elevado de observações a distribuição de probabilidade S propende-se para uma distribuição com média zero.

A variância se dá pela seguinte equação (3):

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18}$$

$$z = \begin{cases} \frac{(S-1)}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{se } S > 0 \\ 0 & \text{se } S = 0 \\ \frac{(S+1)}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{se } S < 0 \end{cases}$$

Para o resultado de z existem duas alternativas possíveis, são elas:

H_0 – Confirma que não há tendência na série analisada;

H_1 – Há uma tendência na série analisada.

Para $z > 0$ significa que a tendência é crescente e para $z < 0$ indica que há tendência decrescente.

Esse teste geralmente é aplicado em estudos voltados para análise de tendências em séries de variáveis ambientais, especialmente a pluviosidade, uma vez que não requer uma distribuição normal dos dados além de possuir baixa vulnerabilidade a mudanças significativas (Yue, 2002).

4.2.2. Teste de Pettitt

Também denominado de teste de homogeneidade é utilizado para identificar o ponto de descontinuidade de uma série temporal (quebra). É considerado uma adaptação do Teste de Mann-Whitney que verifica se duas amostras pertencem ou não a uma determinada população.

O teste conta com duas hipóteses:

H_0 – Os dados são homogêneos

H_1 – Há uma data em que há alteração nos dados

Para a consideração de tais hipóteses é utilizada a seguinte equação (equação 4):

$$U_{t_p, N} = U_{t+1, N} + \sum_{j=i}^n \text{sgn}(x_j - x_i) \text{ para } t = 2, 3, \dots, N$$

De acordo com Penereiro (2020) este faz a contagem do número de vezes que um membro da primeira amostra é maior que o membro da segunda, sendo possível então constatar a ocorrência de mudanças ou não na série estudada.

O resultado dessa equação 4 considera os seguintes cenários:

$$\text{sgn}(x) = \begin{cases} +1, & \text{Se } x > 0 \\ 0, & \text{Se } x = 0 \\ -1, & \text{Se } x < 0 \end{cases}$$

A estatística de teste $U_{t,T}$ depende de D_{ij} como:

$$U_{t,T} = \sum_{i=1}^t \sum_{j=t+1}^T D_{ij}$$

A estatística $U_{t,T}$ é semelhante à estatística de Mann-Whitney para análise quando as duas amostras X_1, \dots, X_t e X_{t+1}, \dots, X_T surgem da mesma população. A estatística de teste $U_{t,T}$ é avaliada para todas as variáveis aleatórias de 1 a T ; então o ponto de mudança mais significativo é selecionado onde o valor de $|U_{t,T}|$ é o maior:

$$K_T = \max_{1 \leq t < T} |U_{t,T}|$$

O ponto de mudança (quebra) ocorre no tempo t quando a estatística K_T é significativamente diferente de zero em um determinado nível. O nível significativo aproximado é dado pela seguinte equação:

$$p = 2 \cdot \exp\left(\frac{-6K_T^2}{T^2 + T^3}\right)$$

Assim, quando o valor de p é menor que o nível de significância pré-atribuído α , podemos rejeitar a hipótese nula e dividir os dados em duas subséries (antes e depois da localização do ponto de mudança) com duas funções de distribuição diferentes. Esse teste é considerado um dos testes mais utilizados para a realização de estudos hidroclimáticos devido a pouca sensibilidade que apresenta para análise de dados heterogêneos (Mallakpour e Villarini, 2015).

4.2.3. Teste de Dickey-Fuller

O teste de raiz unitária Dickey-Fuller (DF) estima a seguinte autorregressão:

$$\nabla y_t = (\rho - 1)y_{t-1} + \varepsilon_t \quad \text{ou ainda,}$$

$$\nabla y_t = \gamma y_{t-1} + \varepsilon_t$$

Onde $\nabla = (Y_t - Y_{t-1})$, ou seja, é o operador diferença e $\gamma = \rho - 1$. Onde tem-se que a hipótese nula (H_0) é de que existe pelo menos uma raiz unitária, o que implica que os dados da variável não são estacionários e $\gamma = 0$. Em contraponto, a hipótese alternativa (H_a) é que a variável seja estacionária, onde não haverá nenhuma raiz unitária e conseqüentemente $\gamma > 0$ (Margarido e Medeiros Junior, 2006).

Para Silveira et al. (2022), informa que o fato de ao não rejeitar a hipótese nula, não se encontram necessariamente evidências de que não há presença de uma raiz unitária, considerando assim a sua presença, o que leva a um processo estocástico não estacionário.

A equação ainda pode ser ampliada para incorporar a presença ou não de intercepto e/ou tendência, onde o teste é conduzido de maneira similar a apresentada acima, sendo incluído uma constante, onde a autorregressão a ser utilizada é a seguinte:

$$\nabla y_t = \alpha + \gamma y_{t-1} + \varepsilon_t$$

Onde α é o intercepto. Já em caso de além da constante, ainda seja necessário o incremento da tendência, a equação passa a ser, sendo que o termo t representa a tendência linear:

$$\nabla y_t = \alpha + \beta t + \gamma y_{t-1} + \varepsilon_t$$

Para Reimbold et al. (2017) o teste Dickey-Fuller parte da pressuposição de que os termos de erros nas equações anteriores são identicamente e independentemente distribuídos (IID), isto é não apresentam autocorrelação, por isso o teste Dickey-Fuller foi ampliado de forma a incorporar defasagens em relação a variável que está sendo analisada, obtendo-se assim o teste Dickey-Fuller Aumentado (ADF), o qual adiciona a última equação à própria variável defasada e diferenciada, assumindo o seguinte aspecto:

$$\Delta Y_t = \alpha + \beta t + \gamma Y_{t-1} + \sum_{i=1}^p \delta_i \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t$$

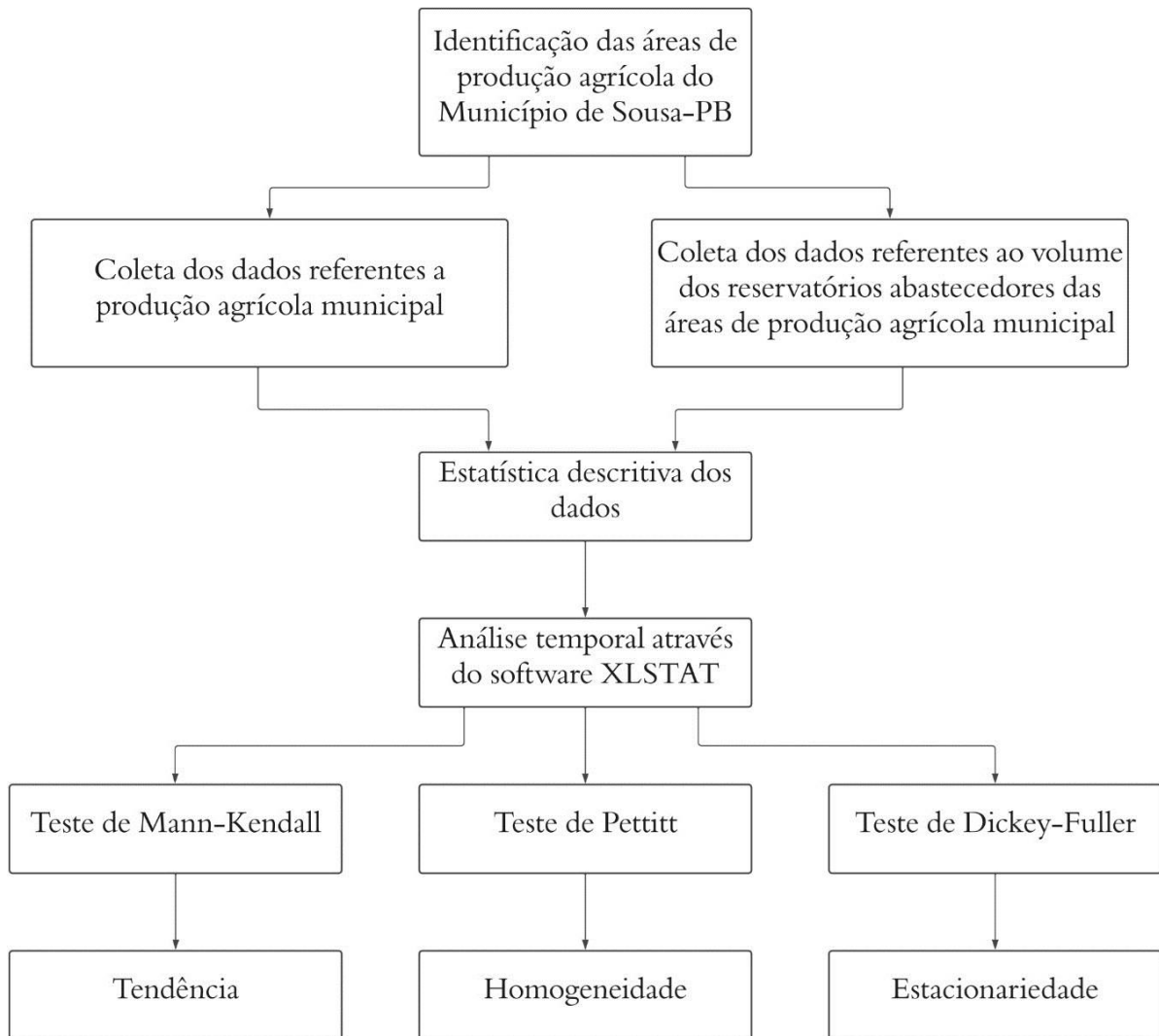
Para Margarido e Medeiros Junior (2006) a principal vantagem do teste ADF em relação ao DF é que ao introduzir um número suficiente de defasagens, garante-se que os resíduos não apresentem autocorrelação.

Define-se α como o termo independente (intercepto ou deslocamento); β como o coeficiente de tendência; γ o coeficiente da presença de raiz unitária; ε_t o termo de erro de ruído branco e os δ_i são os coeficientes de ∇Y_{t-i} usados para aproximar a estrutura ARMA (Autoregressive Moving Average) dos erros.

5. METODOLOGIA

As etapas a serem seguidas nos procedimentos metodológicos dessa pesquisa obedeceram aos passos do fluxograma apresentado no Figura 4.

Figura 4 – Fluxograma dos procedimentos metodológicos



Fonte: Autoria própria.

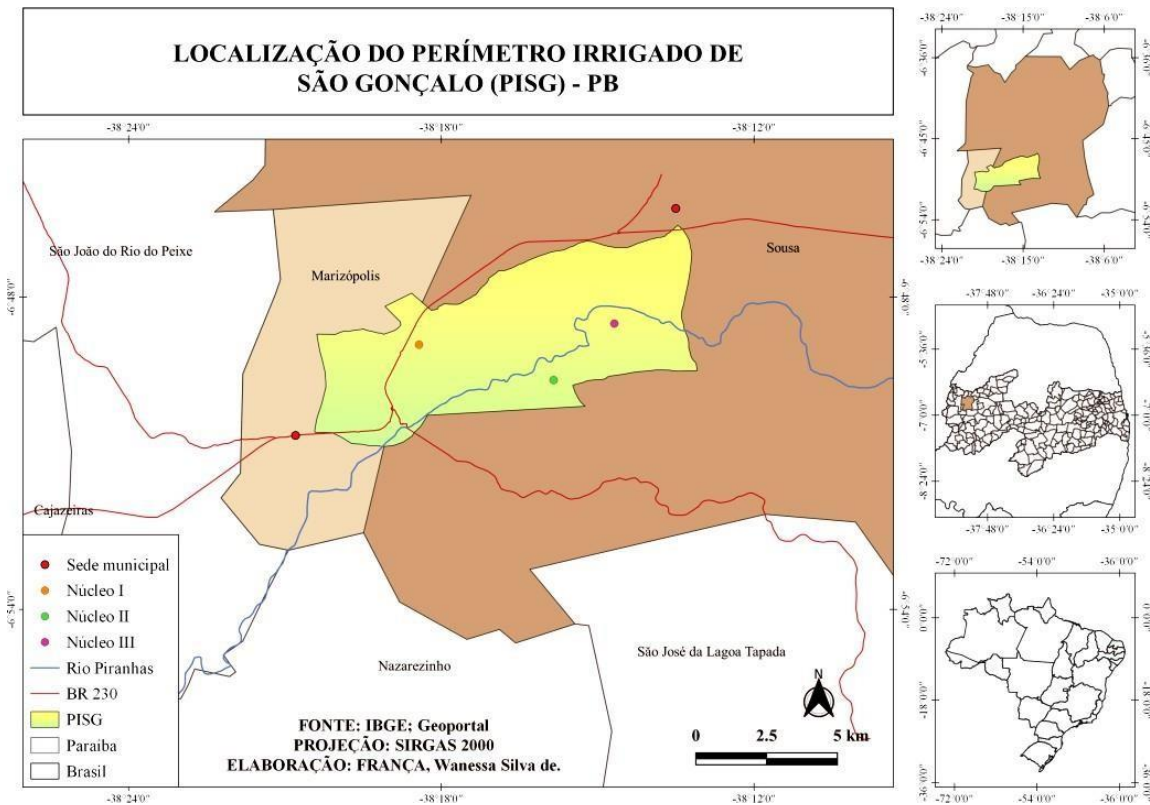
4.3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Esta pesquisa busca estudar a tendência da produção agrícola do município de Sousa que fica concentrada em dois perímetros irrigados sendo eles o Perímetro Irrigado de São Gonçalo e o Perímetro Irrigado das Várzeas de Sousa.

O PISG está localizado na bacia hidrográfica do Alto Piranhas, conforme figura 4, região de clima semiárido, na comunidade de São Gonçalo, situado a cerca de 15 km da

cidade de Sousa e a 440 km da capital da Paraíba, João Pessoa. Possui temperatura média anual de 27°C com maiores índices de chuvas entre os meses de janeiro e maio, relevo do tipo plano com apresentação de leves ondulações e solos aluvionais de textura média a argilosa (Casimiro, 2016).

Figura 5 - Localização do Perímetro Irrigado de São Gonçalo e Núcleos Habitacionais



Fonte: França, 2021.

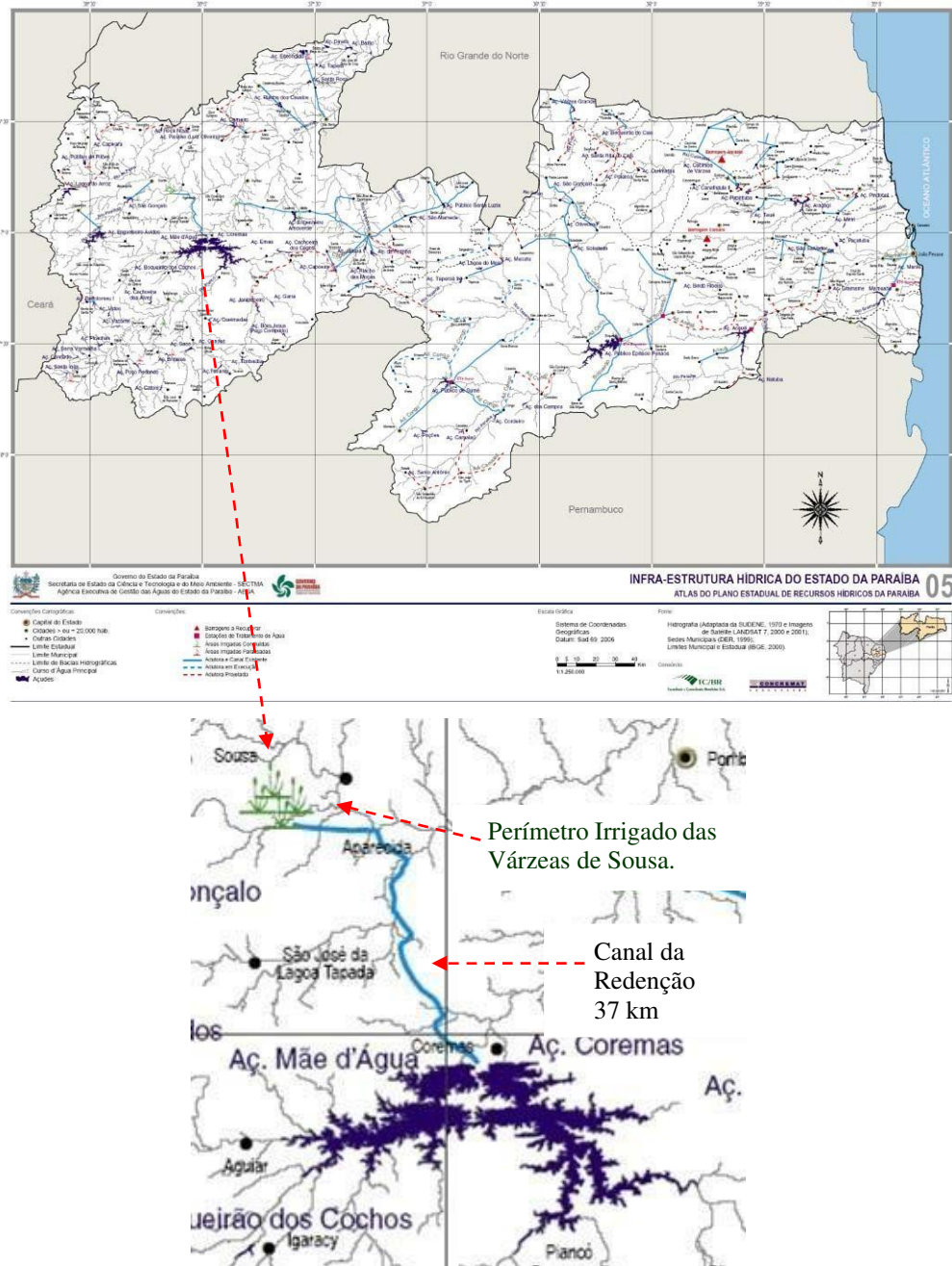
O Perímetro Irrigado tem uma área de 5.290 ha, onde atualmente só são utilizados 3.212 ha, sendo 2.412 ha irrigáveis e 800 ha área de sequeiro (Gurjão et al., 2009). O abastecimento da região ocorre através do reservatório de São Gonçalo com capacidade máxima de aproximadamente 40 milhões de metros cúbicos.

A região também possui núcleos habitacionais (I, II e II), criados com o objetivo de alojar as famílias que iriam habitar a localidade. Esses núcleos habitacionais foram estruturados por estradas, sistema de abastecimento de água, energia elétrica, residências, escolas, dentre outros (Queiroz, 1993).

O PIVAS, por sua vez, fica situado na bacia sedimentar do rio do Peixe, no encontro do rio do Peixe com o rio Piranhas apresentando clima semiárido quente mediano e com o maior índice de chuvas entre os meses de fevereiro a abril, concomitantemente ao PISG,

distante 440 km capital João Pessoa-PB. O abastecimento às culturas do perímetro ocorre por meio do Canal da Redenção que conta com uma extensão de 37 km coletando a água diretamente do reservatório de Mãe d'água (figura 5), localizado no município de Coremas-PB e desaguando na Barragem de Compensação (Pordeus e Barros, 2019).

Figura 6 – Localização do PIVAS e Canal da Redenção



Fonte: Adaptado de Lima, 2009.

Ademais, a área irrigável do PIVAS é segregada em lotes que são distribuídos não só para pequenos agricultores, mas também para empresários da região e técnicos com a finalidade de haver um maior investimento e conseqüente crescimento do perímetro. Ao total são 178 lotes para pequenos agricultores familiares, 14 lotes de baixa aptidão para agricultura, 10 lotes empresariais, seis lotes para reforma agrária e 7 lotes destinados à pesquisa, experimentação e extensão rural (Gomes e Gomes, 2022).

4.4. LEVANTAMENTO DOS DADOS

O processo de levantamentos dos dados se deu pela consulta ao site do IBGE sobre a Produção Agrícola Municipal (PAM) da cidade de Sousa-PB. Foram consideradas as culturas temporárias e permanentes mais relevantes empregando os filtros “Área plantada ou destinada à produção” e “Quantidade produzida” no período de 1994 a 2022.

Os dados levantados consideram a produção total do município de Sousa, englobando o PISG e PIVAS de forma conjunta bem como as pequenas produções tendo em vista que o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) não fornece a produção individual de cada perímetro, mas de cada município e esses perímetros são considerados mais relevantes de Sousa por possuírem as maiores áreas territoriais destinadas ao cultivo agrícola tornando as demais produções existentes irrelevantes.

As informações referentes a disponibilidade hídrica dos reservatórios de São Gonçalo e Mãe D’água que são abastecedores dos PISG e PIVAS respectivamente, foram coletados no site da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba selecionando como filtros “Volume dos Açudes” no período de 1994 a 2022.

A seleção do período de 1994 a 2022 se justifica pelo fato de que as informações referentes a disponibilidades hídrica dos reservatórios são concedidas a partir de 1994. Assim, buscando analisar o comportamento da produção agrícola e dos reservatórios em um mesmo espaço temporal como também o período de crise hídrica de 2012 a 2017 e posterior, resolveu-se estudar tais anos.

4.5. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para tratamentos dos dados referentes a produção agrícola foram consideradas a área plantada ou destinada à produção (hectares - ha) e a quantidade produzida (toneladas - ton) anualmente, compreendendo o período de estudo da pesquisa, onde foram organizados de

forma ordenada anualmente. Com o auxílio do PAM foi possível obter a área plantada de cada cultura, bem como a área plantada total do município de Sousa. Assim, foi calculada a porcentagem anual para cada cultura através da equação 01 e em seguida a porcentagem média total de cada cultura (equação 02), a fim de identificar as principais culturas da região estudada.

$$AP_i (\%) = \frac{AP_i}{AP_{ti}} \times 100 \quad \text{Equação 01}$$

Em que AP_i corresponde à área plantada de cada cultura no ano i ;

AP_{ti} corresponde à área plantada total do município de Sousa no ano i .

$$\bar{A}(\%) = \frac{\sum_{1994}^{2022} AP_i(\%)}{n} \quad \text{Equação 02}$$

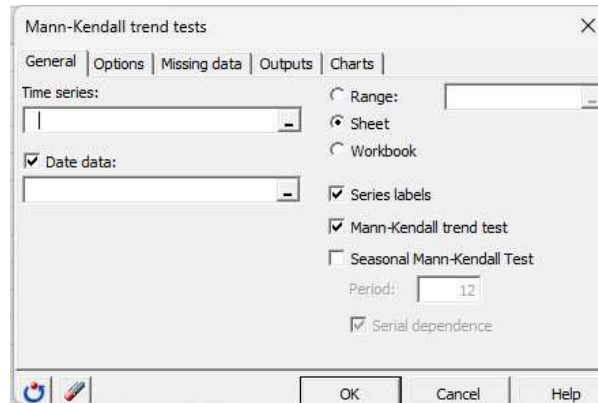
Em que \bar{A} corresponde à média de área plantada de cada cultura nos anos de 1994-2022;

n corresponde a quantidade de anos da série estudada (29 anos).

Os procedimentos iniciais de organização e tratamento estatístico básico foram realizados no software editor de planilhas Microsoft Excel. Também no software utilizou-se o suplemento “Análise de dados” onde foi aplicada a estatística descritiva sobre a quantidade produzida anual, considerando os principais dados: valor mínimo, mediana, média, valor máximo e desvio padrão de cada cultura.

Para aplicação do teste de Mann Kendall considerou-se a quantidade produzida por ano que foi estudada com o auxílio do software de análise de dados quantitativos XLSTAT 2014 que opera como um complemento do Microsoft Excel. O referido teste pode considerar sazonalidade que é motivada por movimentos oscilatórios de mesma periodicidade dentro de um espaço de tempo, no entanto, para essa pesquisa foi desconsiderada essa opção a fim de evitar conclusões inadequadas sobre a série temporal em estudo tendo em vista que objetivo é a análise comportamental anual, conforme Figura 7.

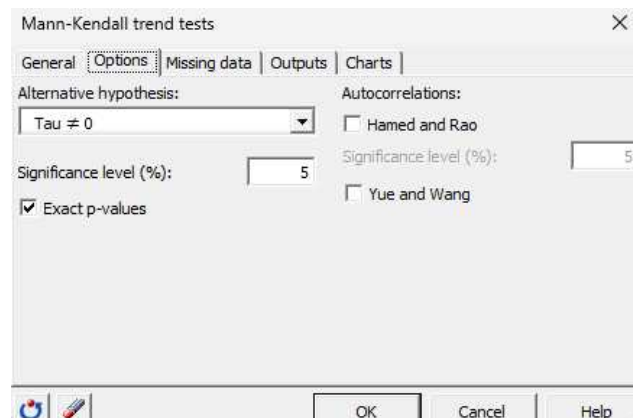
Figura 7 – Seleção dos comandos para realização do teste de Mann Kendall



Fonte: autoria própria.

Ademais, para a realização do teste foi assumido um nível de significância de 0,05 (Figura 8) e considerado o p-valor para verificar a probabilidade de o valor da estatística do teste ser maior ou igual ao encontrado. Quando o p-valor é superior ao nível de significância demonstra a não existência de tendência na série analisada (aceita a hipótese nula). Assim, quando o p-valor é inferior ao nível de significância, a série possui uma tendência (rejeita a hipótese nula).

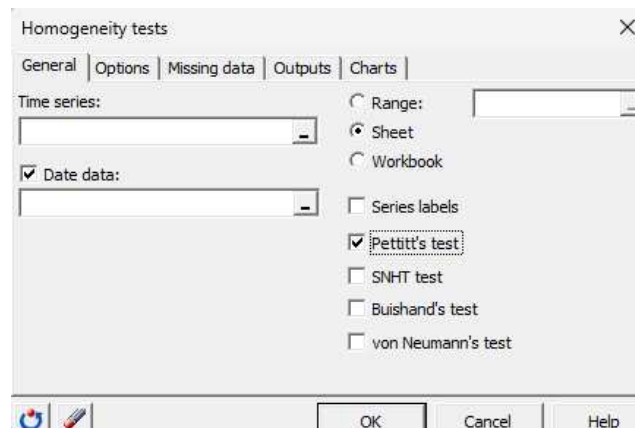
Figura 8 – Teste de Mann Kendall



Fonte: autoria própria.

A inserção dos dados para análise da homogeneidade ocorre de forma semelhante ao Teste de Mann Kendall pois também considerou a quantidade produzida por ano no software XLSTAT com um nível de significância de 0,05. Essa análise permite a realização de diversos testes, mas para esse estudo será considerado apenas o Teste de Pettitt (figura 9).

Figura 9 – Seleção de dados para o Teste de Pettitt

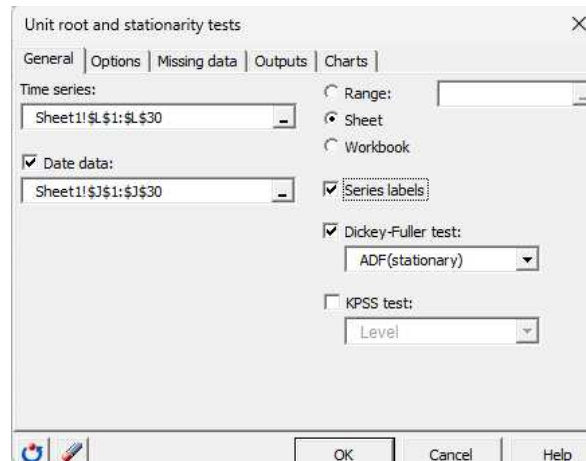


Fonte: autoria própria.

Nesse teste, o p-valor superior ao nível de significância retrata que os dados observados têm um comportamento homogêneo, ou seja, os dados estão distribuídos em torno de uma única média, enquanto o p-valor inferior ao nível de significância significa que há uma data de alteração nas informações verificadas, o que significa que os dados estão dispostos em torno de mais de uma média, indicando assim que houve uma ruptura da ordenação dos dados na série temporal.

Como o XLSTAT permite a utilização de diversos testes estatísticos, para verificação da estacionariedade da série aplicou-se o teste de Dickey-Fuller de forma símil considerando o mesmo nível de significância dos testes anteriores. Além disso, na seleção optou-se do modelo “ADF stationary” (Teste Raiz da Unidade Dickey-Fuller Aumentado) que usa estimativas ordinárias de regressão de quadrados, ou seja, testa a hipótese nula de se uma raiz unitária está presente em um modelo autorregressivo, determinando assim se os dados se comportaram de maneira uniforme ou não (Figura 10).

Figura 10 – Seleção dos dados para realização do Teste de Dickey-Fuller



Fonte: autoria própria.

Para essa análise, quando o p-valor for inferior ao nível de significância demonstra que a série possui estacionariedade, ou seja, os dados apresentados se portam uniformemente. De forma contrária, o p-valor maior do que o nível de significância sinaliza que não há estacionariedade na série pois existe uma raiz unitária.

De forma análoga, para o estudo e análise do comportamento do volume hídrico dos reservatórios abastecedores dos perímetros irrigados do município de Sousa foram verificados a tendência, homogeneidade e estacionariedade da série temporal referente aos volumes do açude de São Gonçalo e de Mãe D'água. Em consulta ao site da AESA observou-se que não havia a disponibilidade de informações sobre alguns volumes mensais, então optou-se por considerar a média anual dos volumes a fim de obter uma melhor análise da série estudada.

Assim, o nível de significâncias para os três testes (Mann Kendall, Pettitt e Dickey Fuller) foi mantido em 0,05 como também sua relação com resultado do p-valor para aceitação ou não aceitação da hipótese nula nas três análises realizadas.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 CULTURAS AGRÍCOLAS

Aplicando a equação 01 e 02 demonstrada nos procedimentos metodológicos desse estudo, constatou-se que as culturas mais relevantes são feijão, milho, algodão, arroz, coco e banana pois representam em média 98,5% (tabela 01) da área total plantada do município de Sousa e 1,5% correspondem aos demais cultivos não tratados aqui nessa pesquisa por apresentarem percentual irrelevante de significância.

Tabela 1 – Média de porcentagem de área plantada relacionada com a área total, em hectares, por cultura dos anos de 1994-2022

Porcentagem média de área plantada por cultura de 1994-2022	
Algodão herbáceo (em caroço)	11,5%
Arroz (em casca)	6,7%
Banana (cachos)	8,7%
Coco-da-baía	15,1%
Feijão (em grão)	23,4%
Milho (em grão)	33,1%
Total	98,5%

Fonte: Autoria própria.

A estatística descritiva da produção (em toneladas) dessas culturas compreendendo os anos de 1994-2022 segue apresentada na tabela 2 a seguir:

Tabela 2 - Estatística descritiva da série histórica da produção das culturas do município de Sousa-PB (Ton)

Estatística	Algodão	Arroz	Banana	Coco	Feijão	Milho
Valor mínimo	0,00	0,00	700,00	1.200,00	0,00	1.170,72
Mediana	450,00	705,00	7.245,00	16.160,00	270,00	900,00
Média	788,45	1.166,24	8.899,66	14.221,90	474,45	1.170,72
Valor máximo	3.168,00	5.450,00	21.385,00	29.766,00	2.790,00	4.500,00
Desvio padrão	933,02	1.333,26	7.342,16	10.042,11	596,28	1.141,44

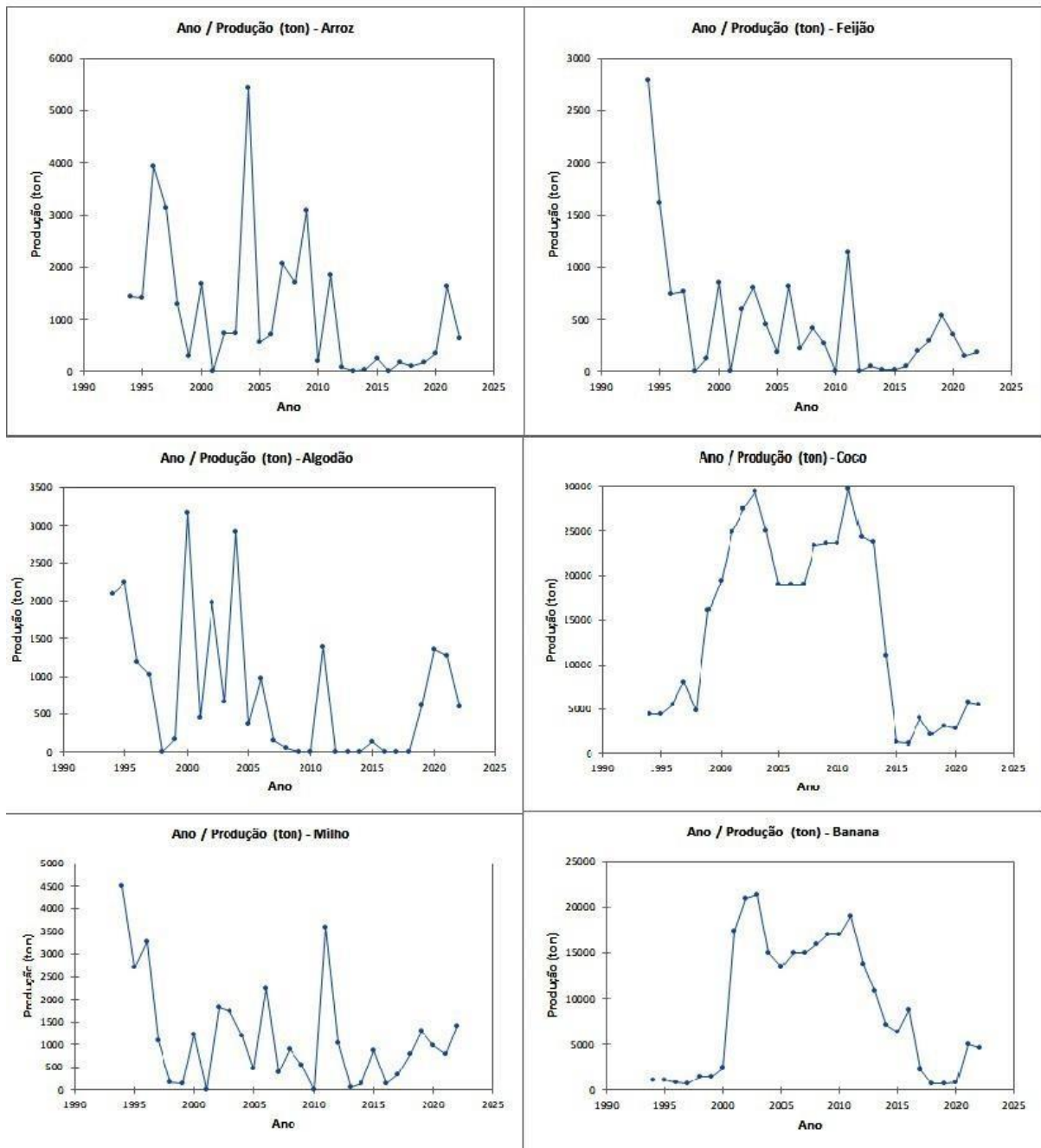
Fonte: Autoria própria.

As maiores produções, conforme abordado anteriormente neste estudo, são as de coco e banana, uma vez que ambos os perímetros irrigados têm uma produção consistente dessas culturas. Ainda de acordo com os resultados da Tabela 2, é possível notar que as culturas

menos expressivas, como algodão, arroz e feijão, enfrentaram períodos em que a produção foi completamente comprometida ao longo da série de dados. Os valores para os desvios são considerados altos, uma vez que existe uma grande oscilação de dados, tendo em vista que a amplitude dos dados também pode ser considerada alta, fazendo com que os valores se distanciem da média.

O gráfico de dispersão da produção de cada uma das culturas com relação aos anos segue apresentado na figura 11 a seguir:

Figura 11 – Gráficos do comportamento da produção agrícola pelos anos estudados



Fonte: elaboração própria

Em todos os gráficos é possível observar um padrão com a queda da produção no período final da série história, pois coincidiu com o período de escassez hídrica da região, logo foi realizada a análise da série temporal para observar se os dados tiveram realmente tendência, bem como, se os mesmos se comportaram de forma homogênea ou não.

Com relação a identificação de tendências na série, foi realizado o teste de Mann-Kendall em cada uma das produções das culturas, e os resultados obtidos são expostos na tabela 3 a seguir:

Tabela 3 – Resultado teste de Mann-Kendall para as culturas num nível de significância de 5%

P-valor teste de Mann-Kendall para significância de 5%	
Algodão herbáceo (em caroço)	0,0126
Arroz (em casca)	0,0244
Banana (cacho)	0,6660
Coco-da-baía	0,3981
Feijão (em grão)	0,0557
Milho (em grão)	0,2402

Fonte: elaboração própria.

Com isso, é possível observar que apenas o algodão herbáceo e o arroz (em casca) rejeitaram a hipótese nula de que não há tendência na série, ficando o feijão bem próximo desse valor. Nas demais culturas (banana, coco e milho) foi identificado que não havia tendência na série. Mas ainda foi verificado se houve alguma mudança significativa em relação à média dos dados, com o objetivo de identificar se as séries são homogêneas (se mantêm em torno de uma única média) ou não. Para isso foi aplicado o teste de Pettitt, cujos resultados são apresentados na tabela 4 a seguir:

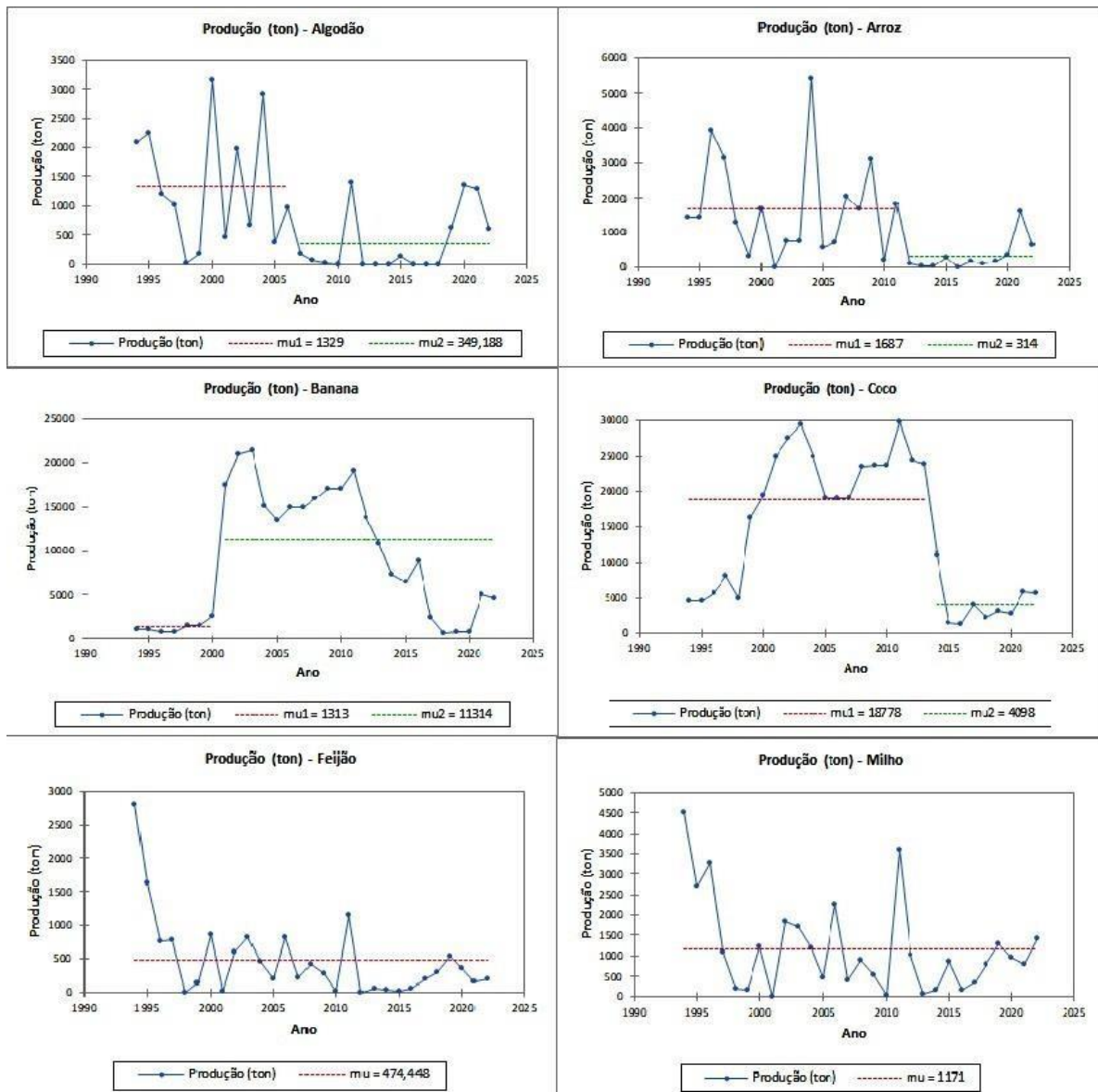
Tabela 4 – Resultado teste de Pettitt para as culturas num nível de significância de 5%

P-valor teste de Pettitt para significância de 5%	
Algodão herbáceo (em caroço)	0,0070
Arroz (em casca)	0,0032
Banana (cacho)	0,0386
Coco-da-baía	0,0019
Feijão (em grão)	0,0964
Milho (em grão)	0,2886

Fonte: Elaboração própria

Observa-se que quatro culturas (algodão, arroz, banana e coco) rejeitaram a hipótese nula, indicando que existe uma data em que ocorre uma modificação nos dados. Apenas a produção de feijão e a do milho se comportou de forma homogênea ao longo dos anos. A representação do comportamento dessas médias é apresentada nos gráficos da figura 12, a seguir:

Figura 12 – Gráficos dos resultados do teste de Pettitt para as culturas de algodão, arroz, banana, coco, feijão, milho.



Fonte: Elaboração própria.

Com base na figura 12, nota-se que as médias das culturas de algodão, arroz e coco tendem a diminuir num segundo momento, principalmente no final da série histórica, afetando a maioria das culturas analisadas, em especial por volta do ano de 2015. Isso coincide com um

período em que a população enfrentou uma grave escassez hídrica na região, o que teve impacto (efeito) significativo na produção agrícola.

No caso da cultura da banana, percebe-se um aumento da média. Isso ocorre porque nos anos iniciais da série histórica, a produção é bastante baixa. No entanto, ao analisar o gráfico, é possível perceber uma queda brusca na produção também no final desse período, próximo ao fim da série. Contudo, essas quedas foram compensadas por uma produção significativamente maior na primeira metade da década de 2000. As produções das culturas de feijão e milho mantiveram um comportamento mais uniforme, onde as médias foram condizentes com as apresentadas na análise descritiva dos dados.

Ainda sobre as culturas foi feita uma análise para verificar a relação de estacionariedade da série, utilizando o teste de Dickey-Fuller, a fim de que essa informação pudesse corroborar com os resultados de homogeneidade do teste de Pettitt. Os resultados do teste de Dickey-Fuller podem ser encontrados na Tabela 5 abaixo:

Tabela 5 – Resultado teste de Dickey-Fuller para as culturas num nível de significância de 5%

P-valor teste de Dickey-Fuller para significância de 5%	
Algodão herbáceo (em caroço)	0,5301
Arroz (em casca)	0,3589
Banana (cachos)	0,6546
Coco-da-baía	0,4169
Feijão (em grão)	0,0132
Milho (em grão)	0,0192

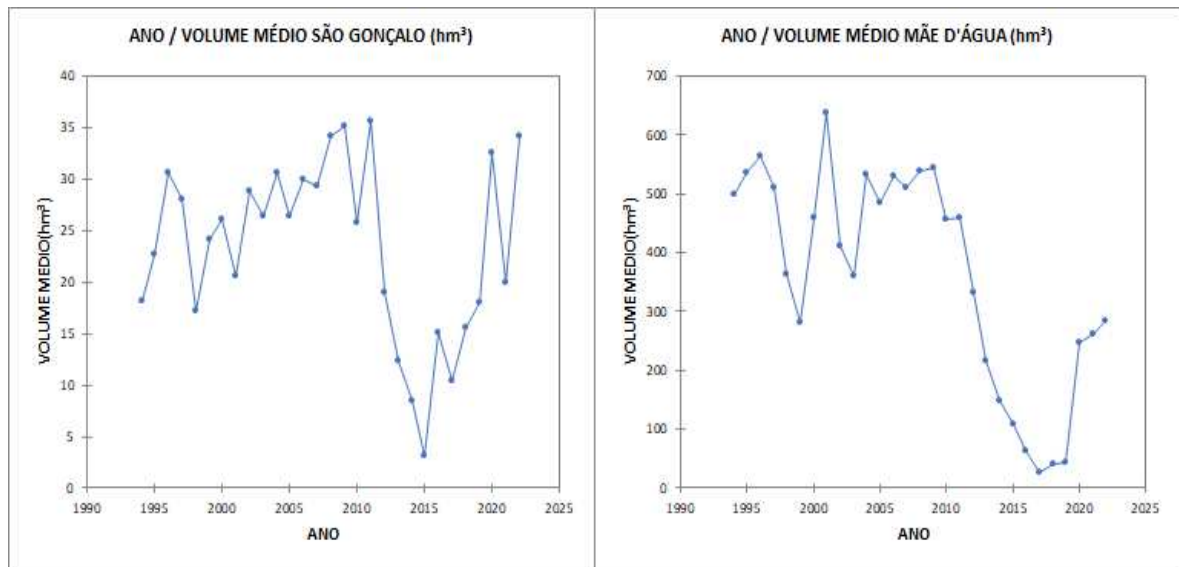
Fonte: Elaboração própria

De forma condizente com os demais testes, o teste de Dickey-Fuller sugere que a série de dados não é estacionária, ou seja, tende a mudar ao longo do tempo. Isso pode ser explicado como: a hipótese nula afirma que existe uma raiz unitária para a série, ou seja, a mesma não é estacionária. Portanto, em concordância com o teste de Pettitt, apenas as culturas de feijão e milho são consideradas estacionárias. Isso significa que as propriedades estatísticas dessas culturas, como média, variância e padrões de correlação (autocovariância), permanecem constantes ao longo do tempo.

6.2 COMPORTAMENTO DOS RESERVATÓRIOS

O comportamento do volume médio dos reservatórios de São Gonçalo e Mãe D'água que são abastecedores dos perímetros irrigados PISG e PIVAS respectivamente também foram analisados, conforme demonstra na figura 13.

Figura 13 – Gráficos do comportamento do volume médio dos reservatórios que abastecem os Perímetros Irrigados do município de Sousa/PB



Fonte: elaboração própria.

Diante dos dados apresentados é possível verificar que os referidos reservatórios apresentam um decréscimo significativo no período de 2012 a 2017 onde ocorreu a última crise hídrica. Percebe-se ainda que o reservatório São Gonçalo quase atingiu a sua capacidade máxima hídrica em março de 2020, mas em 2021 apresentou uma nova queda, no entanto o reservatório de Mãe D'água apesar de ter aumentado, atingindo em torno de 60% de seu volume em maio de 2020, ainda não atingiu a sua capacidade máxima após a crise, ou seja, ainda não houve recuperação hídrica total.

Aplicando o teste de Mann-Kendall, conforme tabela 6, é possível verificar que São Gonçalo aceita a hipótese nula de que não há uma tendência na série pois o p-valor apresentou índice maior do que o nível de significância de 0,05 ou 5%. De forma antagônica, Mãe D'água não aceitou a hipótese nula, confirmando que há uma tendência no seu volume médio da série em estudo.

Tabela 6 – Resultado teste de Mann-Kendall para o volume médio dos reservatórios que abastecem os perímetros irrigados de Sousa/PB num nível de significância de 5%

P-valor teste de Mann-Kendall para significância de 5%	
São Gonçalo	0,6965
Mãe D'Água	0,0002

Fonte: elaboração própria.

O Coeficiente de Correlação de Kendall (τ – tau), é uma medida não-paramétrica que avalia a associação entre duas variáveis. Os valores de τ variam entre -1 a +1, onde números próximos desses dois extremos indicam uma correlação forte, enquanto valores próximos de 0 indicam uma correlação fraca ou inexistente. Ademais, se o valor τ for positivo, significa que o aumento de uma variável implica no aumento da outra e valores negativos simbolizam que o aumento de uma variável implica na diminuição de outra.

Nesse aspecto, o valor τ do reservatório de Mãe D'água foi de -0,4729, significando que há uma tendência negativa, embora fraca, das variáveis tempo e volume médio hídrico, ou seja, com o passar dos anos houve uma tendência de queda no volume médio do reservatório considerando o período observado de vinte e nove anos (1994 a 2022).

Prosseguindo com a análise dos dados, foi realizado o teste de homogeneidade, conforme tabela 7, onde os resultados de ambos os reservatórios rejeitam a H_0 demonstrando que não há homogeneidade na série temporal, ou seja, em um determinado momento há uma ruptura dos dados.

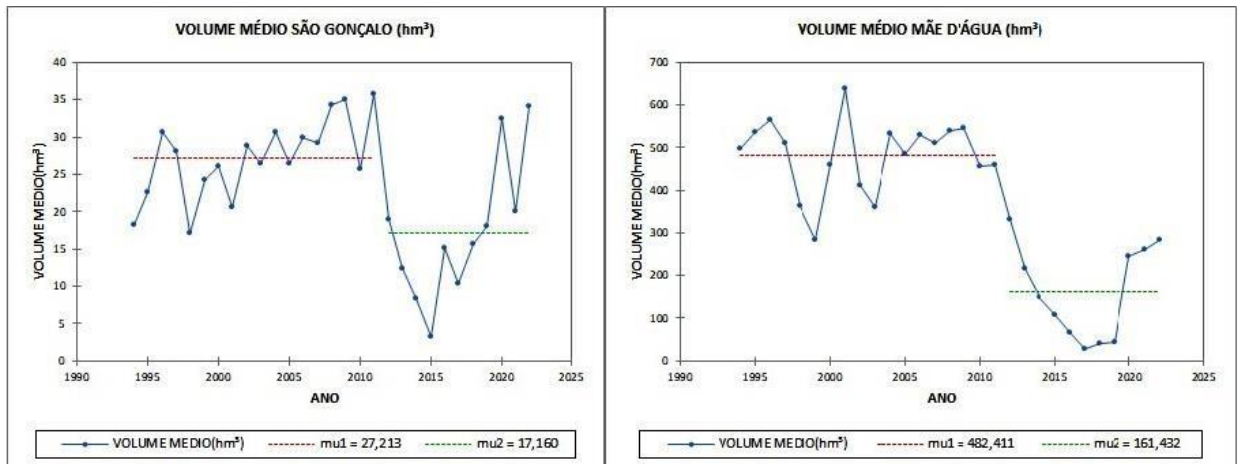
Tabela 7 – Resultado teste de Pettitt para o volume médio dos reservatórios que abastecem os perímetros irrigados de Sousa/PB num nível de significância de 5%

P-valor teste de Pettitt para significância de 5%	
São Gonçalo	0,0154
Mãe D'Água	< 0,0001

Fonte: elaboração própria.

Esses valores estão melhor representados na figura 14 abaixo demonstrando o momento de ruptura da média dos dados referente ao volume dos reservatórios de São Gonçalo e Mãe D'água respectivamente.

Figura 14 - Gráficos dos resultados do teste de Pettitt para o volume médio dos reservatórios que abastecem os Perímetros Irrigados do município de Sousa/PB



Fonte: elaboração própria.

Essa ruptura enfatiza que as variáveis giram em torno de mais de uma média e a quebra ocorre justamente entre o período da crise hídrica (2012 a 2017) onde os reservatórios chegaram a atingir capacidade abaixo de 10%.

A fim de constatar a estacionariedade por meio do Teste de Dickey-Fuller Aumentado ADF (tabela 8), ambos os reservatórios demonstraram aceitação da hipótese nula, constatando que não existe estacionariedade na série analisada.

Tabela 8 – Resultado teste de Dickey-Fuller para o volume médio dos reservatórios que abastecem os perímetros irrigados de Sousa/PB num nível de significância de 5%

P-valor teste de Dickey-Fuller ADF para significância de 5%	
São Gonçalo	0,5989
Mãe D'Água	0,6690

Fonte: elaboração própria.

Dessa forma, a não estacionariedade significa que as propriedades estatísticas da série variam ao longo do tempo, podendo apresentar média e/ou variância que alteram ao longo do tempo, tornando suas propriedades estatísticas dependentes do tempo. Geralmente séries não estacionárias são consideradas mais complexas por haver dificuldade para a modelagem e previsão dos dados.

7. CONCLUSÕES

Diante das análises realizadas é possível verificar que as principais culturas do município de Sousa-PB como o algodão, arroz, banana, coco, feijão e milho, apresentaram uma queda considerável de produção no período de estiagem (2012 a 2017) e embora algumas culturas tenham apresentado um crescimento de produção a partir dessa crise, nenhuma das culturas voltou a produzir como anterior ao período da crise hídrica.

Ademais, pôde-se detectar através da análise comportamental que as produções de coco e banana foram as que apresentaram um maior decréscimo a partir de 2012 (início da crise hídrica). Também se constatou que a maior parte das culturas não se apresentou de forma homogênea, sendo elas: algodão, arroz, banana e coco, onde as segundas médias foram menores que as anteriores, com exceção do coco. Quanto a estacionariedade, apenas o feijão e o milho apresentam suas propriedades estatísticas (média, variância e padrões de correlação) estáveis ao longo do tempo.

De forma similar, o comportamento dos reservatórios abastecedores do PISG e do PIVAS também apresentaram quedas significativas em seus volumes nesse período de crise. Assim, é possível afirmar que há uma relação entre o decréscimo da produção agrícola com o volume dos reservatórios de São Gonçalo e Mãe D'água, pois as perdas ocorreram no mesmo período (2012 a 2017).

Tais conclusões reforçam a ideia de que a crise hídrica vivenciada por essa região no período de 2012-2017 contribuiu diretamente nas perdas das produções agrícolas do município de Sousa-PB, causando impactos econômicos, sociais e ambientais na região. É relevante ainda destacar que uma das contribuições para a perda da produção do PISG se deve ao método de irrigação por inundação que é considerado arcaico e exige um alto consumo hídrico, assim nesse aspecto, faz-se necessário buscar novos meios de irrigação modernos, eficazes e com um menor consumo hídrico como por exemplo a irrigação por gotejamento ou microaspersão que já é utilizada no PIVAS.

Dessa forma, para estudos futuros, sugere-se a análise dessa série história unida a análise do comportamento pluviométrico da região e sua correlação com a produção e volume dos reservatórios no período estudado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA EXECUTIVA DE GESTÃO DAS ÁGUAS DO ESTADO DA PARAÍBA (AESA). **Volume de açudes**. 2023 Disponível em: <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/monitoramento/volume-acude/?id_acude=9659> Acesso em: 20 nov. 2023.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (BRASIL). Nota Técnica nº 11/2018/COMAR/SER. **Marco Regulatório estabelecendo condições de uso dos recursos hídricos no sistema hídrico Eng. Ávidos, São Gonçalo e rio Piranhas, no Estado da Paraíba**. Brasília – DF: ANA, 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (BRASIL). **Plano de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Piancó-Piranhas-Açu: resumo executivo**. Brasília: ANA, 2018a.

ARAÚJO, M. Z. T.; AMÂNCIO FILHO, D. P. O desenvolvimento sustentável de regiões semiáridas do Brasil e dos estados unidos: o papel do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) e dos United States Bureau of Reclamation (USBR). In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, XII, 2014, Natal, Anais. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2014.

BRASIL. Lei nº 4.504, de 30 de novembro de 1964. **Dispõe sobre o Estatuto da Terra, e dá outras providências**. Brasília, DF, 30 nov. 1964.

CASIMIRO, I. D. **Proposta de um modelo de gestão para o uso eficiente da água numa escala de tempo plurianual: um estudo de caso com os colonos do perímetro irrigado de São Gonçalo no sertão Paraibano**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Administração). Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Sousa, p. 83. 2016.

COSTA, M. N. M.; BECKER, C. T.; BRITO, J. I. B. Análise das séries temporais de precipitação do semiárido paraibano em um período de 100 anos - 1911 a 2010. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 06, n. 04, p. 680-696, 2013.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE OBRAS CONTRA AS SECAS - DNOCS. **Boletim de Recursos Hídricos: Paraíba**. 2019. Disponível em: <<https://www.gov.br/dnocs/pt-br/centrais-de-conteudo/documentos/di-dep-mh/boletim-de-recursos-hidricos/boletim-de-recursos-hidricos-paraiba/brhpb-10-2019.pdf>>. Acesso em: 12 nov. 2023.

FERNANDES, J. B. R.; RODRIGUES, M. H. B. S.; NASCIMENTO, D. M.; ANDRADE, F. E.; BANDEIRA, L. B. Impacto causado pela seca sobre a produção de coco no perímetro irrigado de São Gonçalo Sousa-PB. **Cadernos de Agroecologia**, Belém, v. 10, n. 3, 2015.

FILGUEIRA, H. J. A.; VIEIRA, L. G.; ROSENDO, E. E. Q. A seca e a redução de risco a desastres no contexto de cidades resilientes: uma análise comparativa em municípios do estado da Paraíba, Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL DE DESASTRES, I, 2018, João Pessoa, Anais. João Pessoa: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2018.

FRANÇA, W. S. **A construção do território no Perímetro Irrigado de São Gonçalo (PISG) Sousa, Paraíba**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Cajazeiras, p. 81. 2021.

GOMES, F. V. F.; GOMES, R. A. AGRICULTURA FAMILIAR E SISTEMAS AGROALIMENTARES NO SERTÃO SEMIÁRIDO: UM ESTUDO A PARTIR DO PERÍMETRO IRRIGADO VÁRZEAS DE SOUSA -PB. In: Anais do V Encontro Nacional de Pesquisa em Soberania e Segurança Alimentar e Nutricional. Anais. Salvador (BA) UFBA, 2022.

GURJÃO, K. C. O. et al. Avaliação das condições ambientais do açude de São Gonçalo. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 4, n. 2, nov. 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Produção agrícola municipal**. Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/pesquisas/pam/default.asp?o=27&i=P>>. Acesso em: 02 nov. 2022.

Kendall, M. G. **Rank correlation methods**. 4.ed. London: Charles Griffin, 1975. 196p.

LIMA, V. R. P. Gestão dos recursos hídricos: conflitos e negociação da água do Canal da Redenção – Sertão da Paraíba / Valéria Raquel Porto de Lima – João Pessoa, 2009.

Mann, H. B. **Non-parametric test against trend**. *Econometrika*, v.13, p.245-259, 1945.

MALLAKPOUR, I.; VILLARINI, I. Um estudo de simulação para examinar a sensibilidade do teste Pettitt para detectar mudanças abruptas na média. **Revista de Ciências Hidrológica**, v. 61, n. 2, p. 245–254, 2015.

MARGARIDO, M. A.; MEDEIROS JUNIOR, H. Teste para mais de uma raiz unitária: uso do software SAS na elaboração de uma rotina para o teste Dickey-Pantula1. **Pesquisa & Debate**, São Paulo, v. 17, n. 1, p. 149-170, 2006.

OLIVEIRA, F. F. D.; SOUSA, G. M.; SANTOS, V. S.; FIGUEIREDO, C. F. V.; ARAÚJO, B. J. B L. Avaliação socioeconômica dos impactos da seca 2012-2016 no perímetro irrigado de São Gonçalo – PB. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**. v. 11, n. 11, p. 168-173, jan-dez, 2017.

PENEREIRO, J. C. Climatic trends of temperatures and precipitation in Brazilian localities. **Acta Scientiarum Technology**, v. 42, n. 1, p. 1-9, 2020.

PONTES, A. G. V.; GADELHA, D.; FREITAS, B. M. C.; RIGOTTO, R. M.; FERREIRA, M. J. M. Os perímetros irrigados como estratégia geopolítica para o desenvolvimento do semiárido e suas implicações à saúde, ao trabalho e ao ambiente. **Revista Ciência & Saúde Coletiva**. v.18, n.11, p. 3213-3222, 2013.

PORDEUS, A. V.; BARROS, J. D. S., Avaliação das práticas agrícolas adotadas por pequenos irrigantes do perímetro irrigado várzeas de Sousa – PIVAS. In: CONGRESSO NACIONAL DE BIÓLOGOS, vol. 8, 2018, João Pessoa. Anais, João Pessoa: Rebibio, 2018.

PORDEUS, A. V.; BARROS, J. D. S., Diagnóstico agroecológico do Perímetro Irrigado Várzeas de Sousa (PIVAS), no Sertão paraibano (Brasil). **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v.6, n.1, p. 81-94, 2019.

QUEIROZ, C. N. **O Processo de Construção da Pequena Produção (Familiar) modernizada – (O Caso do Perímetro Irrigado de São Gonçalo-PB)**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande (UFCG), p. 152. 1993.

REGALA, R. M. S. **Perímetro irrigado das várzeas de Sousa: conflitos territoriais e resistência camponesa contra o uso de agrotóxicos**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Paraíba (UFPB), João Pessoa, p. 142, 2019.

REIMBOLD, M. M. P.; JOZIEL, D.; VALER, L.; KIECKOW, F. Aplicação de teste de raiz unitária às variáveis de propulsores eletromecânicos. **Vivências**, v. 13, n. 25, p. 46-54, out. 2017.

RODRIGUES, Neiva Lineu; DOMINGUES, Antônio Félix. **Agricultura Irrigada: desafios e oportunidades para o desenvolvimento sustentável**. Brasília, DF: INOVAGRI. 1ª Edição. Brasília, DF: INOVAGRI, 2017. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/168474/1/AgriculturaIrrigada.pdf>>. Acesso em: 07 de out. de 2022.

RODRIGUES, L. G.; COSTA, G. G. Um Oásis no sertão: o perímetro irrigado várzeas de Sousa, PB. **Revista de Geografia Agrária**, v. 16, n. 43, p. 01-12, 2021.

SILVA NETO, M. F. **A problemática da salinização do solo no perímetro irrigado de São Gonçalo - PB**. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal da Paraíba (UFPB), João Pessoa, p. 139. 2013.

SILVA, S. N.; LOPES, F. G.; ANDRADE, F. E.; FERREIRA, C. B.; DANTAS, M. C. A. M.; SIQUEIRA, E. C. Efeitos da escassez hídrica na economia do perímetro irrigado de São Gonçalo, Paraíba. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 12, n. 1, p. 132-137, jan./mar. 2017.

SILVEIRA, A. G. et al. Análise do Valor-p Determinado pela Estatística τ na aplicação do Teste de Dickey-Fuller Aumentado. **Trends Comput. Appl. Math**, v. 23, n. 2, p. 283-298, 2022

SIQUEIRA, E. C.; SILVA, S. N.; LOPES, F. G.; ANDRADE, F. E.; BRAGA, C. F. Avaliação dos impactos da seca no Perímetro Irrigado de São Gonçalo-PB. **Revista Principia - Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB**, João Pessoa, n. 40, p. 21-27, 2018.

SOUSA JÚNIOR, J. B. M. **Declínio econômico nas atividades produtivas no projeto irrigado das várzeas de Sousa – PB (PIVAS): fatores climáticos e gerenciais**. Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais). Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Pombal, p. 38. 2018.

TAVARES, J. C. S. et al. Irrigação e Sustentabilidade: estudo de caso do perímetro irrigado Jaguaribe-Apodi sob a ótica do triple bottom line. **Revista Brazilian Journals of Business**, v. 4, n. 4, p. 1620-1635, 2022.

TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO (TCU). **Levantamento sobre os perímetros irrigados do Nordeste e o impacto na produção agropecuária**. Ficha-Síntese, 2015.

Disponível em: <<http://portal.tcu.gov.br/biblioteca-digital/levantamento-sobre-os-perimetrosirrigados-do-nordeste-e-o-impacto-na-producao-agropecuaria-1.htm>>. Acesso em: 08 out. 2022.

YUE, S.; PILON, P.; CAVADIAS, G. Power of the Mann-Kendall and Spearman's rho tests for detecting monotonic trends in hydrological series. **Journal of Hydrology**, v. 264, p. 262-263, 2002.