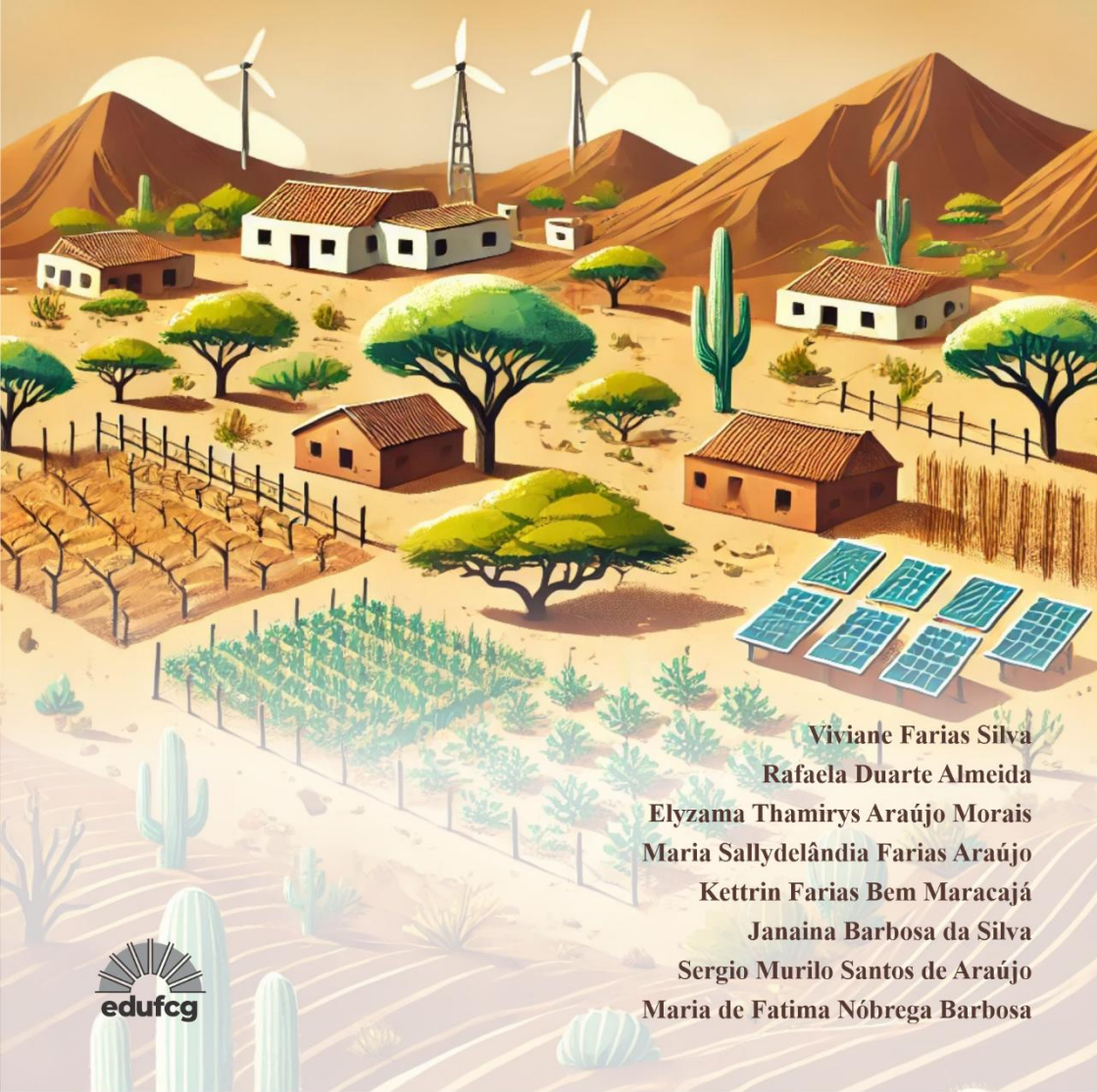


# RECURSOS NATURAIS E SUSTENTABILIDADE:

## Perspectivas Ambientais, Sociais e Econômicas no Semiárido



Viviane Farias Silva

Rafaela Duarte Almeida

Elyzama Thamirys Araújo Morais

Maria Sallydelândia Farias Araújo

Kettrin Farias Bem Maracajá

Janaina Barbosa da Silva

Sergio Murilo Santos de Araújo

Maria de Fatima Nóbrega Barbosa

# **RECURSOS NATURAIS E SUSTENTABILIDADE: Perspectivas Ambientais, Sociais e Econômicas no Se- miárido**

Viviane Farias Silva (organizadora)  
Rafaela Duarte Almeida (organizadora)  
Elyzama Thamirys Araújo Morais (organizadora)  
Maria Sallydelândia Farias Araújo (organizadora)  
Kettrin Farias Bem Maracajá (organizadora)  
Janaina Barbosa da Silva (organizadora)  
Sergio Murilo Santos de Araújo (organizadora)  
Maria de Fatima Nóbrega Barbosa (organizadora)

Campina Grande- PB  
2024



**EDITORA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE – EDUF CG**

**atendimento@editora.ufcg.edu.br**

Prof. Dr. Antônio Fernandes Filho

**Reitor**

Prof. Dr. Mario Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti Mata

**Vice-Reitor**

Prof. Dr. Bruno Medeiros Roldão de Araújo

**Diretor EDUF CG**

Elyzama Thamyres Araújo Morais

**Revisão**

Viviane Farias Silva e Rafaela Duarte Almeida

**Diagramação**

Rafaela Duarte Almeida

**Capa**

Imagem gerada com o auxílio de IA

**Arte da Capa**

**CONSELHO EDITORIAL**

Erivaldo Moreira Barbosa (CCJS)

Janiro Costa Rego (CTR N)

José Wanderley Alves de Sousa (CFP)

Marcelo Bezerra Grilo (CCT)

Mário de Sousa Araújo Filho (CEEI)

Marisa de Oliveira Apolinário (CES)

Naelza de Araújo Wanderley (CSTR)

Andréa Maria Brandão Mendes de Oliveira (CCTA)

Rogério Humberto Zeferino Nascimento (CH)

Saulo Rios Mariz (CCBS)

Valéria Andrade (CDSA)

H673 Recursos naturais e sustentabilidade: perspectivas ambientais, sociais e econômicas no Semiárido [recurso eletrônico] Viviane Farias Silva, Rafaela Almeida Duarte, Elyzama Thamyres Araújo Morais, Maria Sallydelânia Farias Araújo, Kettrin Farias Bem Maracajá, Maria Janaina Barbosa da Silva, Sergio Murilo Santos de Araújo, Maria de Fatima Nóbrega Barbosa (organizadores). – Campina Grande: EDUF CG, 2024.  
258 p. : il. color.

E-book (PDF)  
ISBN 978-85-8001-313-9

1. Reuso de Água. 2. Gestão Ambiental. 3. Mudanças Climáticas. 4. Poluentes Ambientais. 5. Secagem Solar. 6. Qualidade de Solo. 7. Historia de Pescador. I. Silva, Viviane Farias. II. Duarte, Rafaela Almeida. III. Morais, Elyzama Thamyres Araújo. IV. Araújo, Maria Sallydelânia Farias. V. Maracajá, Kettrin Farias Bem. VI. Silva, Maria Janaina Barbosa da. VII. Araújo, Sergio Murilo Santos de. VIII. Barbosa, Maria de Fatima Nóbrega. IX. Título.

CDU 628.179.2

## APRESENTAÇÃO

---

O livro "Recursos Naturais e Sustentabilidade: Perspectivas Ambientais, Sociais e Econômicas no Semiárido" são discutidas uma riqueza de detalhes relacionados à sustentabilidade e gestão de recursos na região semiárida do Brasil, proporcionando uma visão integrada dos desafios ambientais, sociais e econômicos que afetam a região.

Dividido em 11 capítulos que exploram estudos de caso de práticas sustentáveis e os impactos das atividades humanas no meio ambiente, o livro é uma importante ferramenta para pesquisadores, gestores públicos e outros interessados no desenvolvimento sustentável regional, provenientes de pesquisas realizadas por docentes e discentes que fazem parte do Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão dos Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande.

Os capítulos possuem uma abordagem multidisciplinar voltados para a área de ciências ambientais, trazendo a interação homem e a natureza, destacando os problemas ocasionados pela poluição à saúde da comunidade e ambiental. Acrescenta-se que são abordados a riqueza cultural e os desafios contemporâneos, como as mudanças ambientais e sociais que impactam a comunidade rural. Salienta-se ainda que são observadas alternativas para a convivência com a seca no semiárido, com uso de água residuária tratada na irrigação, manejo sustentável em solo salino-sódico, segurança hídrica, agenda ambiental, consórcios públicos, reaproveitamento de resíduos de mineração, secagem solar de frutas. Temas importantes, que buscam gerar informações que possam fundamentar políticas públicas locais direcionadas às metas dos objetivos do desenvolvimento sustentável.

Cada capítulo tem suas peculiaridades no intuito de aperfeiçoar a compreensão da gestão sustentável dos recursos naturais na região semiárida, com soluções práticas e estudos de caso baseados na realidade

que podem ser aplicados ou adaptados para outras regiões. Destarte, o livro ressalta a importância das políticas públicas e da governança eficiente no enfrentamento dos desafios socioambientais na região agravados pelas ações antrópicas.

## SUMÁRIO

---

POLUENTES AMBIENTAIS E SUAS RELAÇÕES COM OS DISTÚRBIOS MENSTRUAIS .....	8
COLÔNIA Z-11 DE FORTE VELHO-PARAÍBA: HISTÓRIA DE PESCADOR E SEUS LEGADOS .....	24
REUSO DA ÁGUA DE ESGOTO TRATADO EM FOSSA BIODIGESTORA PARA A PRODUÇÃO AGRÍCOLA DE PALMA FORRAGEIRA NO SÍTIO BRAVO, BOA VISTA-PB, SEMIÁRIDO BRASILEIRO .....	53
INDICADORES DE QUALIDADE QUÍMICA DE SOLO SALINO SÓDICO APÓS CULTIVO DE BETERRABA .....	75
MUDANÇAS CLIMÁTICAS E SEGURANÇA HÍDRICA: SUBSÍDIOS PARA GOVERNANÇA DA ÁGUA .....	90
GESTÃO AMBIENTAL E RISCOS DE INUNDAÇÃO NO DISTRITO DOS MECÂNICOS EM CAMPINA GRANDE - PARAÍBA .....	112
GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS: EFETIVAÇÃO POR MEIO DE UM CONSÓRCIO PÚBLICO INTERMUNICIPAL LOCALIZADO EM UIRAÚNA – PB.....	132
A MINERAÇÃO NA PROVÍNCIA PEGMATÍTICA BORBOREMA-SERIDÓ (1942-1945): O GARIMPO DE “MINERAIS ESTRATÉGICOS” NA PARAÍBA.....	157
SUSTENTABILIDADE EM FOCO: AVALIAÇÃO DA IMPLEMENTAÇÃO DA AGENDA AMBIENTAL NO TRIBUNAL DE CONTAS DA PARAÍBA .....	178

TENDÊNCIA E PREVISIBILIDADE DE DOENÇAS RESPIRATÓRIAS POR INFLUENZA EM IDOSOS NO ESTADO DA PARAÍBA .....	203
SISTEMAS DE SECAGEM SOLAR: UMA REVISÃO DE LITERATURA DE ALTERNATIVAS SUSTENTÁVEIS PARA A REDUÇÃO DE DESPERDÍCIOS NA FRUTICULTURA.....	232

# POLUENTES AMBIENTAIS E SUAS RELAÇÕES COM OS DISTÚRBIOS MENSTRUAIS

---

*Vanessa Nóbrega da Silva*

*Pollyanna Kécia Cordeiro Grangeiro*

*Camila Silva de Oliveira*

*Viviane Farias Silva*

*Maria do Carmo Pinto Lima*

## INTRODUÇÃO

Segundo Matos (2020), a poluição é caracterizada por situações em que os efeitos danosos ou prejudiciais ao ambiente e o seu potencial uso pelo homem são aparentes. Logo, toda ação humana que altera em partes ou totalmente um ambiente em relação aos seus aspectos físicos, químicos e biológicos tem como consequência o prejuízo ambiental e, por conseguinte, as pessoas que convivem direta ou indiretamente nesse meio também são afetadas.

A poluição ambiental, na perspectiva de Maia *et al.*, (2023), está relacionada ao prejuízo causado aos ecossistemas terrestres, aquáticos e atmosféricos, derivados da presença de substâncias químicas, físicas e biológicas que são potencialmente nocivas. Em se tratando de poluição atmosférica, uma das consequências dessa exposição é o distúrbio menstrual, que é definido como sendo anormalidades no ciclo menstrual em mulheres em idade reprodutiva, que podem estar associadas a estresse, hormônios e fatores ambientais, causando um impacto na qualidade de vida física, social e emocional (Jeon; Baek, 2023).

No Brasil foram registradas 13.370 internações causadas por transtornos da menstruação no período de 2019 a 2023,



quando houve uma redução de 7% nas internações. O ano com maior prevalência foi 2019, com 3.035 internações (22,7%), seguido por 2023 e 2022 com 2.804 (21%) e 2.777 internações (20,8%), respectivamente (Ferraz *et al.*, 2024).

De acordo com Carré *et al.*, (2017), Legro *et al.*, (2010) e Chega, González, Jaquemim (2016), os problemas relacionados ao aparelho reprodutor feminino e seus sintomas podem estar associados aos poluentes atmosféricos de partículas finas, os quais podem causar impactos referentes ao distúrbio menstrual e podem estar relacionados a algumas doenças, como sangramento uterino anormal (SUA), síndrome dos ovários policísticos (SOP), endometriose, leiomiomas/miomas, pólipos uterinos, sinequias (vulvares ou uterinas – *Asherman*), doença inflamatória pélvica (DIP) e hipogonadismo (BRASIL, 2023). Ha *et al.*, (2018) relataram, ainda, que existem inúmeras doenças do sistema reprodutivo que podem estar associadas a exposição a poluentes atmosféricos, como infertilidade, aborto espontâneo, parto prematuro, dentre outros.

Além dos poluentes atmosféricos, estudos vêm citando outros elementos e seus impactos no corpo feminino e no ciclo menstrual, como bisfenol A (BPA), parabenos, bifenilos polibromados (PBBs) e dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>). Os pesquisadores têm associado esses poluentes à infertilidade, irregularidades menstruais, síndrome dos ovários policísticos (SOP), doenças ginecológicas, taxas mais baixas de nascidos vivos, de fecundidade e gravidez por fertilização *in vitro*, além de maior risco de aborto espontâneo (Martelo, Veiga e Mahalingaiah, 2020; Ziv-Gal *et al.*, 2016; Nishihama *et al.*, 2016; Mahalingaiah *et al.*, 2018; Giorgis-Allemand *et al.*, 2020). Nesse sentido, entender como os poluentes ambientais afetam o ciclo menstrual é fundamental para prevenir doenças e promover uma melhor qualidade de vida para as mulheres.

Considerando a frequência de casos de distúrbios menstruais e seus efeitos na qualidade de vida das mulheres, a relação entre poluição ambiental e a ocorrência desses distúrbios, além da escassez de estudos

acerca desse tema, se faz necessário o desenvolvimento de pesquisas que elucidem essa associação. Sendo assim, este artigo teve como objetivo avaliar os principais poluentes ambientais e suas relações com distúrbios menstruais.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Segundo Feitosa *et. al.*, (2020) a revisão integrativa tem por objetivo reunir um grupo específico de informações/estudos realizados anteriormente sobre determinado tema, concedendo a busca, avaliação e resumo das fundamentações disponíveis para auxiliar na pesquisa e desenvolvimento do conhecimento.

Nesse sentido, a pesquisa seguiu o seguinte questionamento: quais os principais poluentes ambientais e suas relações com distúrbios menstruais? A partir de então, foram adotados os seguintes passos: identificação do tema e seleção da hipótese ou questão de pesquisa para a elaboração da revisão integrativa, estabelecimento de critérios para inclusão e exclusão de estudos/amostragem ou busca na literatura, definição das informações a serem extraídas dos estudos selecionados/categorização dos estudos, avaliação dos estudos incluídos na revisão integrativa, interpretação dos resultados e apresentação da revisão/síntese do conhecimento.

Foram incluídos na revisão estudos experimentais (ensaios clínicos randomizados, agrupados ou individuais e ensaios controlados não randomizados) e observacionais (corte transversal, coortes prospectivas ou retrospectivas e caso-controle), publicados em inglês ou português, nos últimos cinco anos. Foram suprimidos dessa pesquisa abordagens que não estiveram alinhadas com a proposta, bem como revisões de literatura, estudos de caso ou série de casos, cartas e resumos de conferência, estudos com abordagem qualitativa, incompletos e/ou que se repetiam nas bases de dados.

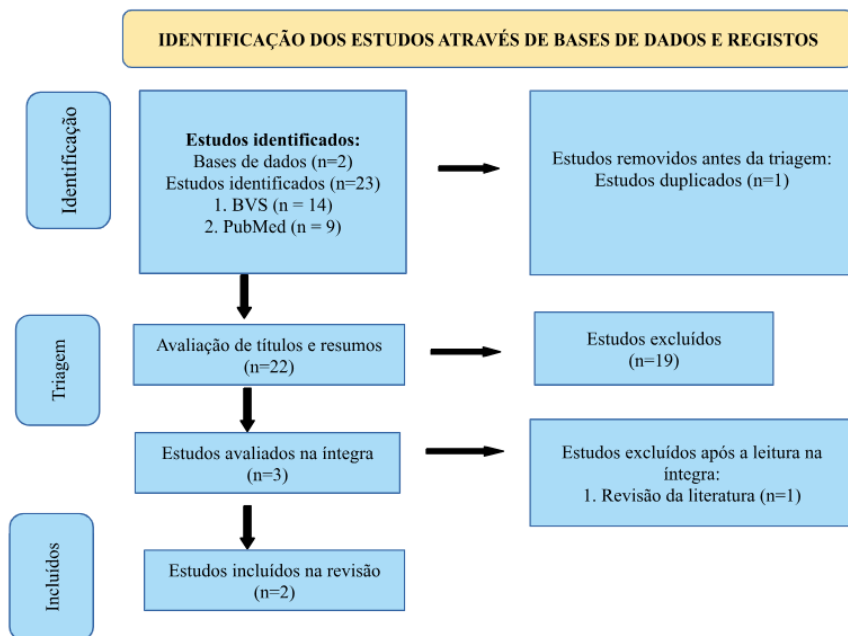
A busca ativa foi realizada nas bases de dados eletrônicos do National Institute of Health (NIH/PubMed) e da Biblioteca Virtual de Saúde (BVS), em abril de 2024, utilizando os descritores com o respectivo operador booleano: “Menstruation Disturbances” AND “Environmental Pollutants”. A análise da amostra de materiais científicos selecionada para apreciação, após os passos anteriormente descritos, foi realizada com a aplicação do fluxograma “The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews” (Page *et al.*, 2021).

Para coleta de dados foi elaborado um quadro bibliométrico, dispondo dos seguintes dados: ano, autor (es), título, objetivo geral, tipo de estudo, amostra, país e principais resultados (ação dos poluentes ambientais associados aos distúrbios menstruais). Com o intuito de descrever e classificar os resultados, evidenciando o conhecimento produzido sobre o tema proposto, realizou-se a análise, categorização e síntese das temáticas (Mendes *et al.*, 2008).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A procura nas bases de dados identificou 23 artigos, sendo 14 na BVS e nove na PubMed. Foi excluído um artigo por estar disposto como material de pesquisa nas duas plataformas selecionadas. Em seguida, foram avaliados 22 títulos e resumos, sendo excluídos 19 artigos por estarem fora do critério temporal, isto é, com mais de cinco anos de publicação. Posteriormente, três artigos foram selecionados para leitura na íntegra, sendo excluído um por se tratar de uma revisão da literatura. No final, dois artigos foram incluídos nesta revisão. O processo de seleção seguindo o PRISMA *Flow Diagram*, está ilustrado na Figura 1.

FIGURA 1 - FLUXOGRAMA DA SELEÇÃO DE ARTIGOS PARA A REVISÃO INTEGRATIVA 2024, ELABORADO A PARTIR DA RECOMENDAÇÃO PRISMA.



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Os artigos incluídos na revisão integrativa foram dispostos no Quadro 1, onde estão disponíveis os seguintes dados: autor, ano de publicação, título do artigo, objetivo, tipo de estudo, número de mulheres incluídas nas pesquisas (n), país no qual foi realizado o estudo e os principais poluentes ambientais e suas associações aos distúrbios menstruais.

**QUADRO 1 - CARACTERIZAÇÃO DOS ESTUDOS INCLUÍDOS NA REVISÃO INTEGRATIVA INTITULADA: POLUENTES AMBIENTAIS E DISTÚRBIOS MENSTRUAIS.**

<b>ESTUDO/ PAÍS</b>	<b>TÍTULO</b>	<b>OBJETIVO</b>	<b>TIPO DE ES- TUDO</b>	<b>N</b>	<b>PRINCIPAIS PO- LUENTES AMBI- ENTAIS E SUAS ASSOCIAÇÕES AOS DISTÚRBIOS MENSTRUAIS</b>
Liang Z <i>et al.</i> , 2020/China	Associação entre poluição do ar e consultas ambulatoriais de distúrbios menstruais: uma análise de série temporal.	Investigar a associação entre exposição de curto prazo (no dia simultâneo e dentro de uma semana anterior) à poluição do ar ambiente e consultas ambulatoriais de distúrbios menstruais em Xi'an, uma metrópole no noroeste da China.	Coorte	51.893	Um aumento de 10 µg/m <sup>3</sup> das concentrações de PM <sub>10</sub> e NO <sub>2</sub> correspondeu a uma elevação de 0,236% (95% IC: 0,075%, 0,397%) e 2,173% (95% IC: 0,990%, 3,357%) nas consultas ambulatoriais por distúrbios menstruais, respectivamente. A associação foi mais significativa em mulheres jovens (18-29 anos). Os efeitos do NO <sub>2</sub> na saúde parecem ser mais óbvios e mais fortes do que os do PM <sub>10</sub> e a associação positiva mais forte foi mostrada no lag 01 (dia simultâneo e 1 dia anterior, respectivamente) (2,173%; 95% IC: 0,990%, 3,357%).
Lin SY <i>et al.</i> , 2020/Taiwan	Associação da poluição do ar por partículas	Determinar a associação da poluição atmosférica por partículas	Coorte observacional	85.078	Mulheres expostas ao SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , NO e PM <sub>2,5</sub> de nível Q4 (áreas menos urbanizadas e

ESTUDO/ PAÍS	TÍTULO	OBJETIVO	TIPO DE ESTUDO	N	PRINCIPAIS POLUENTES AMBIENTAIS E SUAS ASSOCIAÇÕES AOS DISTÚRBIOS MENSTRUAIS
	finas e gases ácidos com risco de síndrome pré-menstrual.	finas e gases ácidos com o risco de TPM em Taiwan, que foi baseado no Banco de Dados Nacional de Pesquisa de Seguro de Saúde (NHIRD) e no Banco de Dados de Monitoramento da Qualidade do Ar de Taiwan (TAQMD).			de perfil socioeconômico mais baixo) exibiram um risco de TPM 7,77 (IC de 95% 1/4 6,22–9,71); 2,86 (IC 95% 1/4 2,39–3,43); 3,17 (IC 95% 1/4 2,68–3,75); e 3,41 (IC 95% 1/4 2,88–4,04) vezes maior em comparação com aquelas expostas ao nível Q1 (áreas mais urbanizadas e de perfil socioeconômico mais elevado), respectivamente.
<p><b>Legendas:</b> Intervalo de confiança (IC), Quartis (Q1, Q4), PM<sub>10</sub> (material particulado), Dióxido de Nitrogênio (NO<sub>2</sub>), Dióxido de Enxofre (SO<sub>2</sub>), Óxido de Nitrogênio (NO<sub>x</sub>), Óxido Nítrico (NO), modelos de atraso menstrual (lag), lag 01 (dia simultâneo e 1 dia anterior, respectivamente), Banco de Dados Nacional de Pesquisa de Seguro de Saúde (NHIRD), Banco de Dados de Monitoramento da Qualidade do Ar de Taiwan (TAQMD), Tensão Pré Menstrual (TPM).</p>					

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

O ciclo menstrual é um evento único que indica a maturidade do sistema reprodutivo e pode ser afetado pelo estresse, hormônios dentre outros fatores, envolvendo interações complexas entre vários tecidos, hormônios e sistemas orgânicos, além de sofrer alterações por inúmeras variáveis fisiológicas e patológicas, incluindo infecções virais e mudanças no estilo de vida, elementos esses que estão relacionados ao meio ambiente, como a poluição (Chung *et al.*, 2005; Taylor, 2020).

Estudo de Liang *et al.*, (2020) realizado em Xi'na, capital da província de Shaanxi no noroeste da China, entre 2010 e 2016 avaliou as interações no hospital de Tangdu por distúrbios menstruais, incluindo subtipos como amenorreia, oligomenorreia, menorragia e duração anormal do ciclo menstrual. Concomitantemente, foram coletadas as concentrações médias diárias (24 horas) de poluentes atmosféricos, incluindo PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub> e NO<sub>2</sub>, consecutivamente em treze estações de controle estatal de local fixo em nove distritos urbanos da cidade, cujas as principais fontes de poluição do ar ambiente eram a queima de carvão e a exaustão de veículos.

Nessa pesquisa, um total de 51.893 casos de distúrbios menstruais foram registrados nesse período, sendo a maior parcela de adultos jovens (18–29 anos). Durante o período do estudo, as concentrações médias diárias de poluentes atmosféricos foram de 37,84 µg/m<sup>3</sup> para SO<sub>2</sub>, 46,04 µg/m<sup>3</sup> para NO<sub>2</sub> e 138,0 µg/m<sup>3</sup> para PM<sub>10</sub>, respectivamente, todos inferiores aos limites definidos pelos Padrões de Qualidade do Ar Ambiente da China (GB3095-2012) para áreas residenciais (150 µg/m<sup>3</sup> para SO<sub>2</sub>, 80 µg/m<sup>3</sup> para NO<sub>2</sub> e 150 µg/m<sup>3</sup> para PM<sub>10</sub>), mas superiores aos limites definidos pela Organização mundial de saúde (20 para SO<sub>2</sub> e 50 para PM<sub>10</sub>).

Esses autores apontaram correlações estatisticamente positivas entre a exposição em curto espaço de tempo aos poluentes (PM<sub>10</sub> e NO<sub>2</sub>) e os distúrbios menstruais e, conseqüentemente, ao aumento de consultas em ambulatórios pelos sintomas menstruais anteriormente citados, principalmente em mulheres com faixa etária entre 18 e 29 anos. Esses autores relataram, ainda, que o desequilíbrio dos hormônios reprodutivos e o estresse oxidativo podem ser elementos causadores dos distúrbios menstruais, correlacionando esses elementos aos poluentes atmosféricos e as consultas. Não houve, entretanto, correlação óbvia entre o SO<sub>2</sub> e consultas ambulatoriais por distúrbios menstruais, o que pode ser atribuído à reatividade diferente de vários tecidos.

Dos dois artigos analisados, todos foram publicados no ano de 2020 e eram do tipo corte. Foram incluídas um total de 136.971 mulheres e os tamanhos das amostras variaram, de acordo com país pesquisado, entre 85.078 em Taiwan e 51.893 na China. Os principais poluentes ambientais, citados nessa revisão e suas devidas relações com os distúrbios menstruais foram elencados no Quadro 2.

QUADRO 2 - PRINCIPAIS POLUENTES AMBIENTAIS E SUAS RELAÇÕES COM OS DISTÚRBIOS MENSTRUAIS.

Principais poluentes ambientais	Distúrbios menstruais relacionados
PM <sub>2,5</sub>	Risco aumentado de TPM
PM <sub>10</sub>	Aumento das consultas ambulatoriais por distúrbios menstruais
SO <sub>2</sub>	Risco aumentado de TPM
NO	Risco aumentado de TPM
NO <sub>2</sub>	Aumento das consultas ambulatoriais por distúrbios menstruais
<b>Legendas:</b> PM <sub>10</sub> (material particulado), Dióxido de Nitrogênio (NO <sub>2</sub> ), Dióxido de Enxofre (SO <sub>2</sub> ), Óxido de Nitrogênio (NO), Óxido Nítrico (NO), Tensão Pré Menstrual (TPM).	

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

A busca crescente por atendimento hospitalar devido a distúrbios menstruais provavelmente está associada a sintomas graves e complicações agudas que requerem intervenção imediata, como por exemplo a presença de hemorragia menstrual grave, dor pélvica intensa ou sinais de choque hipovolêmico, que podem exigir tratamento urgente para estabilização e resolução dos sintomas. Essa observação, evidenciada por Liang *et al.*, (2020), suscita importantes questões de acesso à saúde, como a melhoria do acesso ao cuidado e a conscientização sobre a saúde menstrual, inclusive sobre a relação entre os distúrbios menstruais e a poluição ambiental.



Corroborando esses autores, coorte de base populacional de Lin *et al.*, (2020), usando dados do Longitudinal Health Insurance Database (LHID) com registros de saúde de cerca de 99% dos residentes de Taiwan, mostrou que a exposição ao NO<sub>2</sub> estava relacionada ao aumento na frequência de TPM. Entretanto, diferente de Liang *et al.*, (2020), esses autores também apontaram associação entre esses distúrbios e outros poluentes, como SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NO, e PM<sub>2,5</sub>. As concentrações médias diárias de SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NO, NO<sub>2</sub> e PM<sub>2,5</sub> foram 30,27 (± 6,57) ppb, 9,17 (± 4,29) ppb, 20,91 (± 3,32) ppb e 30,76 (± 6,06) µg/m<sup>3</sup>, respectivamente, com tempo médio de acompanhamento de 7,93 (± 3,77) anos.

A análise estatística desta pesquisa foi dividida em quartis (níveis de concentração), sendo o nível 1 mais urbanizado, com renda mensal e classe ocupacional mais alta, e o nível 4 menos urbanizado, com renda mensal e classe ocupacional mais baixa. Após essa estratificação, os resultados demonstraram que as mulheres expostas a PM<sub>2,5</sub>, SO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>x</sub> e NO<sub>2</sub> estavam mais susceptíveis a desenvolverem TPM, em todas as faixas etárias, renda mensal, classe ocupacional e níveis de urbanização 1 e 2. Altas incidências de TPM foram observadas em mulheres que viviam em áreas com maiores concentrações desses poluentes. O estudo sugeriu que essa associação envolveria patogênese de xenoestrógenos, estresse fisiológico, disfunção endócrina e aumento do estresse psicológico.

Giorgis-Allemand *et al.*, (2020), assim como Liang *et al.*, (2020) e LIN *et al.*, (2020), afirmaram que a menstruação pode ter seu ciclo alterado diante da exposição aos poluentes atmosféricos e que estes podem afetar o sistema endócrino, alterando todo o período menstrual em mulheres em fase reprodutiva. Carré *et al.*, (2017) também asseguraram que os poluentes atmosféricos de partículas finas (PM<sub>2,5</sub>) podem afetar consideravelmente a saúde reprodutiva das mulheres através do eixo dos hormônios sexuais e causar distúrbios menstruais, incluindo tempo anômalo do ciclo menstrual, amenorréia, oligomenorreia, menstruação

desregulada, dentre outros. Entretanto, esse último estudo também apontou outros sintomas, como falência ovariana, endometriose, redução da fertilidade e da viabilidade da gravidez, que não foram considerados pelos autores dessa revisão.

Em consonância com Carré *et al.*, (2017), outros estudos confirmaram associação entre a poluição e o aumento do risco de TPM, além de outros efeitos negativos na fertilidade de mulheres expostas a poluentes ambientais, como diminuição dos níveis de hormônio anti-mulleriano (AMH), aumento do número de abortos espontâneos, risco de não engravidar, redução da contagem de folículos antrais e distúrbios no ciclo menstrual, além de aumento do risco de nascimento de bebês com baixo peso (Gaskins *et al.*, 2019; González-Comadran *et al.*, 2021). Mahalingaiah *et al.*, (2018) também constataram que a poluição do ar, especificamente PM<sub>2,5</sub> e PM<sub>10</sub>, poluentes relacionados ao tráfego (NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>) e a proximidade das principais rodovias, está relacionada à doenças ginecológicas que cursam com infertilidade, irregularidade menstrual, miomas uterinos e endometriose.

Apesar da associação positiva encontrada entre a exposição à poluição ambiental e os distúrbios menstruais, os estudos dessa revisão apresentaram limitações, como a ausência de informações detalhadas sobre outros possíveis fatores associados ao desenvolvimento de distúrbios menstruais (peso corporal, índice de massa corporal, histórico familiar de TPM, problemas de saúde anteriores, temperatura corporal e função da tireoide, dados sobre a ingestão de anticoncepcionais orais, medicamentos fitoterápicos, dieta rica em gordura, tabagismo, consumo de álcool, dentre outros). Por isso, se faz necessário o desenvolvimento de mais estudos, de preferência ensaios clínicos com metodologia apurada, que considerem essa associação, fortalecendo o nível de evidência desses resultados. Ademais, a constatação dessa relação de causalidade será de fundamental importância para a elaboração de políticas públicas voltadas para à saúde menstrual da mulher.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os estudos incluídos nessa revisão sugeriram associação entre os poluentes PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NO e PM<sub>2,5</sub> e os distúrbios menstruais, como risco maior de TPM e o aumento das consultas ambulatoriais por sintomas menstruais, como amenorreia, oligomenorreia, menorragia e duração anormal do ciclo menstrual. Apesar disso, existem poucas pesquisas e evidências sobre os impactos abrangentes dos tóxicos ambientais nos ciclos menstruais humanos. Diante desse cenário, é importante que mais pesquisas sejam realizadas para investigarem melhor a ligação dos poluentes ambientais com os distúrbios menstruais, na tentativa de melhorar o nível de evidência dessa relação de causalidade, além de informar a comunidade sobre os riscos da exposição a esses elementos para a saúde da mulher.

## REFERÊNCIAS

- BRASIL. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. **Saiba quais as principais doenças causadas por um ciclo menstrual irregular.** Brasília, 2023. Disponível em: <<https://www.gov.br/saude/pt-br/asuntos/noticias/2023/janeiro/saiba-quais-as-principais-doencas-causadas-por-um-ciclo-menstrual-irregular>>. Acesso em 21/04/2024 às 16:49.
- CARRÉ, J.G.N.; MOREAU, J.; PARINAUD, J.; LEANDRI, R. **A poluição do ar desempenha um papel na infertilidade? Uma revisão sistemática.** Saúde Ambiental, p. 16:82, 2017.
- CARRÉ, J.G.N.; MOREAU, J.; PARINAUD, J.; LEANDRI, R. **Influência da qualidade do ar nos resultados das tentativas de**

**fertilização in vitro: um estudo retrospectivo.** Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol, v. 210, p. 116–22, 2017.

CHECA, V.M.A.; GONZÁLEZ-COMADRAN, M.; JAQUEMIN, B. **Poluição do ar exterior e infertilidade humana: uma revisão sistemática.** Fertil Esteril, v.106, p. 897–904, 2016.

CHUNG, F.F.; YAO, C.C.; WAN, G.H.;. **The associations between menstrual function and life style/ working conditions among nurses in Taiwan.** J. Occup. Health, v. 47, p. 149–156, 2005.

FEITOSA, D.V.S.; SILVA, N.S.O.; PEREIRA, F.N.M.; ALMEIDA, T.F.; ESTEVAM, A.S. **Atuação do enfermeiro na prevenção de lesão por pressão: uma revisão integrativa da literatura.** Revista Eletrônica Acervo Saúde/Electronic Journal Collection Health, v.43, p.1-13, 2020.

FERRAZ, L.F.G.; SILVA, M. J. M.; TORRACA, D. H.; NETA, T. T. F.; AGUIAR, A. C. S.; CENSON, E. L.; SILVA, T. G. D.; OLIVEIRA, A. C. M.; VALE, M. S.; LEITE, A. P. S.; FONSECA, E. F.; MAXIMO, A. B.; ABREU, V. M. C.; LENÇONE, G.; ANDREANI, G. DA S.; NASCIMENTO, S. O. **Incidência de internações por transtornos menstruais e seu impacto na saúde da mulher.** BJIHS. v. 6, n. 4, p. 2031-2041, 2024.

GASKINS, A.J.; MÍNGUEZ-ALARCÓN L.; FONG, K.C.; ABDELMESSIH S.; COULL, B.A.; CHAVARRO, J.E.; SCHWARTZ, J.; KLOOG, I.; SOUTER, I.; HAUSER, R.; LADEN, F. **Exposure to fine particulate matter and ovarian reserve among women from a fertility clinic.** Epidemiology (Cambridge, Mass.), v. 30, n. 4, p. 486, 2019.

GIORGIS-ALLEMAND, L.; THALABARD, J.C.; ROSETTA, L.; SIROUX, V.; BOUYER, J.; SLAMA, R. **Can atmospheric pollutants influence menstrual cycle function?** *Environ Pollut*, v.257, 2020.

GONZÁLEZ-COMADRAN, M.; JACQUEMIN, B.; CIRACH, M.; LAFUENTE, R.; COLE-HUNTER, T.; NIEUWENHUIJSEN, M.; BRASSESCO, M.; COROLEU, B.CHECA, M. A. **The effect of short term exposure to outdoor air pollution on fertility.** *Reproductive Biology and Endocrinology*, v. 19, n. 1, p. 1-9, 2021.

JEON, B.; BAEK, J. **Distúrbios menstruais e sua associação com distúrbios do sono: uma revisão sistemática.** *BMC Women's Health*, v. 23, p. 470, 2023.

LEGRO, R.S.; SAUER, V.M.; MOTTLA, G.L.; RICHTER, K.S.; LI, X. **Efeito da qualidade do ar na reprodução humana assistida.** *Hum Reprod*, v. 25, p. 317–24, 2010.

LIANG, Z.; XU, C.; FAN, Y.N.; LIANG, Z.Q.; KAN, H.D.; CHEN, R.J.; YAO, C.Y.; LIU, X.L.; LANG, H.B.; LEI, J.; ZHAO, Y.S.; LI, Y.F.; JI, A.L.; CAI, T.J. **Association between air pollution and menstrual disorder outpatient visits: A time-series analysis.** *Eco-toxicol Environ Saf*, v. 1, p. 192, 2020.

LIN, S.Y.; YANG, Y.C.; CHANG, C.Y.; HSU, W.H.; LIN, C.C.; JIANG, C.C.; WANG, I.K.; LIN, C.D.; HSU, C.Y.; KAO, C.H. **Association of fine-particulate and acidic-gas air pollution with premenstrual syndrome risk.** *QJM*. v. 113, n. 9, p. 643-650, 2020.

MAIA, A.G.; LIMA, M.C.P.; MATA, M.E.R.M.C.; MARTINS, M.F. **Poluentes ambientais e fertilidade feminina: uma revisão**

**integrativa da literatura.** Revista Brasileira de Filosofia e História, v. 12, n. 4, p. 2068–2088.

MAHALINGAIAH, S.; LANE, K.J.; KIM, C.; CHENG, J.J.; HART, J.E. **Impacts of air pollution on gynecologic disease: infertility, menstrual irregularity, uterine fibroids, and endometriosis: a systematic review and commentary.** Curr Epidemiol, v. 5, p. 197–204, 2018.

MAHALINGAIAH, S.; MISSMER, S.E.; CHENG, J.J.; CHAVARRO, J.; LADEN, F.; HART, J.E. **Exposição à poluição atmosférica perimenarcal e distúrbios menstruais.** Reprodução Humana, v. 33, n. 3, p. 512–519, 2018.

MARTELO, K; VEIGA, A; MAHALINGAIAH, S. **Exposição a tóxicos ambientais e duração do ciclo menstrual. Parecer atual em Endocrinologia e Diabetes e Obesidade,** v. 27, n. 6, p. 373-379, 2020.

MATOS, A.T de. **Poluição ambiental: impactos no meio físico.** Editora UFV, 2020.

MENDES, K.D.S.; SILVEIRA, R.C.C.P.; GALVÃO, C.M. **Revisão integrativa: método de pesquisa para a incorporação de evidências na saúde e na enfermagem.** Texto & contexto enfermagem, v. 17, p. 758-764, 2008.

NISHIHAMA, Y.; YOSHINAGA, J.; IIDA, A.; SHOKO, K.; HIDEKI, I.; MIYUKI, Y.; DAISUKE, N.; HIROAKI, S. **Association between paraben exposure and menstrual cycle in female university students in Japan.** Reprod Toxicol, v. 63, p. 107–113, 2016.

PAGE, M.J.; MCKENZIE, J.E.; BOSSUYT, P.M.; BOUTRON, I.; HOFFMANN, T.C.; MULROW, C.D.; SHAMSEER, L.; TETZLAFF, J.M.; AKL, E.A.; BRENNAN, S.E.; CHOU, R.; GLANVILLE, J.; GRIMSHAW, J.M.; HRÓBJARTSSON, A.; LALU, M.M.; LI, T.; LODER, E.W.; MAYO-WILSON, E.; MCDONALD, S.; MCGUINNESS, L.A.; STEWART, L.A.; THOMAS, J.; TRICCO, A.C.; WELCH, V.A.; WHITING, P.; MOHER, D. **The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews.** International Journal of Surgery, v. 10, n. 89, p.1-11, 2021.

TAYLOR, H.; PAL, L.; SELI, E. **A endocrinologia ginecológica clínica e a infertilidade de Speroff.** Filadélfia, PA: Lippincott Williams & Wilkins, 2020.

ZIV-GAL, A; FLAWS, J.A. **Evidence for bisphenol A-induced female infertility: a review (2007–2016).** Fertil Steril, v.106, p.827-856, 2016.

WANG, W.; ZHOU, W.; WU, S.; LIANG, F.; LI, Y.ZHANG, J.; CUI, L.; FENG, Y.; WANG, Y. **Exposição a substâncias perfluoroalquílicas e risco de infertilidade relacionada à síndrome dos ovários policísticos em mulheres chinesas.** Environmental Pollution, v. 247, 824-831, 2019.

# COLÔNIA Z-11 DE FORTE VELHO-PARAÍBA: HISTÓRIA DE PESCADOR E SEUS LEGADOS

---

*Janaina Barbosa da Silva*  
*Cleber Vasconcelos de Oliveira (in memoriam)*

## INTRODUÇÃO

A fundação da Colônia Z-11 de *Forte Velho* remonta os anos de 1970 quando apenas oito pescadores estavam escritos na Colônia Z-2, pertencente ao município de Cabedelo, Paraíba. Em meio a insatisfações diversas com a referida Colônia, os poucos inscritos não pagavam a mensalidade, enquanto os demais pescadores de *Forte Velho* trabalhavam na anonimamente sem qualquer vinculação institucional.

Tinha aqui uns 8 a 10 pescadores que estavam registrados em Cabedelo, mas não pagavam a colônia. Quando cabedelo (*Colônia Z-2*) soube que aqui (*Forte Velho*) estavam se organizando pra tirar carteira, fomos lá na Capitania explicar que queríamos a mudança pra Z-5 de Lucena e o povo de cabedelo não gostou (Ex-presidente da colônia, 2019).

O arranjo administrativo das Colônias tem grande interesse em arregimentar o maior número de pescadores e matriculá-los, isso porque o registro incorre diretamente no aumento da arrecadação, em razão do recebimento das mensalidades pagas pelos pescadores, além de angariar capital político na própria Comunidade. Por esse motivo, compreensível a insatisfação dos dirigentes da entidade de *Cabedelo* ante o pedido coletivo de desfiliação.



Conforme relata Aluilson Teixeira Valério, Seu Luca, ex-pescador e fundador da Colônia de *Forte Velho*, a história da Z-11 decorre em meio a um clima envolto a euforia, rumores e preocupação em face às mudanças administrativas porque passava o setor pesqueiro, em especial por conta da obrigatoriedade do Registro Geral da Pesca - RGP (Carteira de Pesca) cuja responsabilidade de emissão era da *Capitania da Pesca*. O RGP configurava com uma forma burocrática governamental de regulamentar o setor, oficializando, portanto, a atividade dos pescadores junto ao órgão federal, garantindo o acesso aos benefícios ofertados à seguridade social entre aqueles matriculados.

Quando eu cheguei e fui pra pescaria e vi o capataz da capitania... e outro cabeludo que era Tio De Ary, presidente da Colônia de Lucena, já tinha escutado no rádio que pescador tinha que tirar a documentação pra pescar. Perguntei ao capataz como se fazia pra tirar os papeis, e ele disse: me arrume uma turma de 25 pra lá [Forte Velho] que eu trago a capitania pra Forte Velho. Na primeira vez eu arrumei rápido 42 pessoas pra tirar a carteira; na segunda vez foi 36. Isso era em 1974, pois em 1975 já tava bem estruturado, nem era colônia, aqui pertencia a cabedelo (Ex-presidente da colônia, 2019).

Muito antes da fundação da Colônia Z-11, os pescadores de *Forte Velho*, sob a articulação de *Luca*, foram estrategicamente vinculados à Colônia Z-5 de Lucena, cujo presidente mantinha estreitas relações de amizade entre as lideranças e pescadores de *Forte Velho*.

Observou-se que a transferência coletiva dos pescadores de *Forte Velho*, matriculados na Colônia de Cabedelo, está, certamente, estritamente associada a uma intrincada “parceria” firmada entre as duas comunidades de pescadores com respaldo maior a *Forte Velho* de onde, por intermédio de *Luca*, rapidamente arrematou-se 78 pescadores efetiva as primeiras matrículas na Capitania dos Portos.

Passamos muitos anos na Z-5, sempre que tinha eleição na colônia, a gente ganhava, era quase 80 votos só de FV de pescador de Lucena era mesmo 12 ou 14 votos, o resto tudo foi meu, vinha gente de Lucena fiscalizar os votos na urna.

Como Forte Velho conseguiu reunir um quantitativo expressivo de pescadores matriculados para a Colônia Z-5, ficou acertada entre as lideranças uma espécie de alternância nas candidaturas da direção entre as duas comunidades, perdurando esta forma de organização sem grandes conflitos por alguns anos.

No entanto, a pretensa *parceria* encontraria forte objeção quando a Federação da Pesca inicia a liberação de autorização para a fundação de novas Colônias na década de 1990, fazendo com que houvesse pronta manifestação por parte das lideranças políticas de *Forte Velho*, sobretudo com o apoio de seu Martinho, ex-presidente da Colônia de Lucena e à época presidente da Federação da Pesca na Paraíba que auxiliou *Luca* em como proceder aos trâmites jurídicos necessários para o estabelecimento da nova entidade.

Superada a questão burocrática junto à Capitania da Pesca, estaria então em 03 de setembro de 1995, instituída a Colônia de Pescadores denominada *Antônio Elias Pessoa*, em homenagem ao patriarca de *Forte Velho*.

O processo de aquisição do terreno da Colônia só foi possível porque *João Carlos Elias Pessoa (Joca)*, um dos herdeiros do patriarca da *Fazenda Forte Velho* doou um dos seus lotes para a construção do prédio, que teria inauguração pouco tempo depois, em 02 de janeiro de 1996.

Segundo (Pessoa - *in memoriam*)<sup>1</sup>, desde sua inauguração, a Colônia Z-11 vem desenvolvendo importantes prestações de serviços aos pescadores das comunidades de sua ingerência, no caso Forte Velho, Livramento, Tambauzinho e Ribeira, I, II e III.

Entre estes serviços os mais comuns são as orientações aos pescadores quanto aos trâmites de entrada na Previdência Social, seguro de feso, promoção de convênios com intuições financeiras a exemplo do Banco do Nordeste, entreposto para recebimento correspondências e aprimoramento técnico-profissional a exemplo de cursos profissionalizantes e de formação de aquaviários exigido para o pescador interessado em desempenhar função de marinheiro em embarcação de pesca de qualquer tipo e porte.

A Colônia Z-11 dispõe de espaço administrativo bem equipado com computador, impressora, ar-condicionado, acesso à internet, dois salões para reuniões e eventos, além de um pequeno estaleiro que atende os pescadores usuários na costura de redes e reparos nas embarcações.

Atualmente os Caícos em sua grande maioria são construídos em estaleiros na periferia do porto de Cabedelo, local esse que se especializou na fabricação e manutenção de barcos, canoas e jangadas.

---

<sup>1</sup> *Pessoa*, personalidade emblemática na comunidade Forte Velho, era um dos muitos herdeiros da antiga *Fazenda Forte Velho*. Embora nunca exercendo na prática a função de pescador, sua influência política lhe conferiu prerrogativas na participação da fundação da Colônia Z-11, presidindo a instituição em duas oportunidades. Embora afastado da direção, nunca abandonou sua ligação com o movimento sindical da pesca e, em diferentes instâncias, envolvia-se nos trabalhos da Colônia onde assessorava informalmente o atual presidente.

FIGURA 1 - PROCISSÃO NA FESTIVIDADE A SÃO PEDRO NO RIO PARAÍBA.



Fonte: Juscinei Lima, SD (2018)

A Colônia Z-11 incentiva a tradição dos Caícos em *Forte Velho* e nas comunidades adjacentes fornecendo combustível às embarcações no dia 29 de junho; data esta que marca os festejos em homenagem a São Pedro, Santo padroeiro dos pescadores (Figura 1). Nesse dia, ocorreu uma procissão fluvial contando com a participação de aproximadamente 35 embarcações, onde participaram pescadores da Colônia Z-11 de Forte Velho e das comunidades Nossa Senhora do Livramento e Ribeira. O cortejo religioso deixa a comunidade da Ribeira em direção à Forte Velho, onde por fim, na igreja, é celebrada uma missa em intenção aos pescadores.

No tocante ao envolvimento da Colônia em ações de fomento social e cultural na comunidade, os pescadores informaram que os trabalhos e serviços atendem relativamente aos anseios dos filiados. No entanto, manifestam necessidade de projetos socioambientais, especialmente voltados ao resgate da cultura pesqueira, com enfoque, por exemplo, à retomada da *regata a vela*, evento festivo que congregava pescadores de todas as regiões, mas que há algum tempo foi descontinuado.

No aspecto ambiental destacam o fomento de campanhas de conscientização voltadas à conservação do *caranguejo Uça*, atualmente ameaçado por conta da captura predatória. Na Figura 2 à esquerda, Antônio Elias Pessoa Filho, ex-presidente da Colônia e à direita, Juscinei Lima, atual presidente da Colônia. Em (B), o estaleiro da Colônia.

FIGURA 2 - FACHADA E ESTALEIRO COLÔNIA Z-11.



Fonte: Cleber Oliveira (2018).

## **DINÂMICA DE TRANSFORMAÇÃO NA PESCA: INFLEXÕES, CONFLITOS E PERSPECTIVAS**

Durante as incursões de campo, postulou-se compreender o histórico de formação da comunidade e a partir desse entendimento tentar responder se a comunidade guarda reminiscências culturais que apontem se de fato a mesma trata-se de uma comunidade de pescadores tradicionais ou em determinado momento de sua constituição, essa pretensa identidade foi de alguma forma forjada.

Antes mesmo de tentar responder, faz-se necessário antecipar que a definição em torno da terminologia *pesca artesanal/pescadores artesanais* ainda não é consenso entre os especialistas. No entanto, Platteau, (1989) advoga que esta é uma atividade eminentemente oposta à pesca

em larga escala, que utiliza tecnologias sofisticadas e envolve pesados investimentos, acessíveis apenas a uma classe capitalista da qual as comunidades pesqueiras não se incluem.

Por outro lado, a pesca artesanal é apresentada como atividade na qual, pescadores autônomos a exercem individualmente ou em equipes, sempre se valendo de apetrechos relativamente simples (Diegues, 1983; 1988), onde o produto obtido é comercializado individualmente ou por intermediários, de baixa produtividade e taxa de rendimento (FAO, 1975; Smith, 1979) eminentemente voltada à subsistência, (Schumann e Macinko, 2007).

Acerca dessa definição, o Decreto Lei 8.425, de 31 de março de 2015, considera pescador artesanal:

Pessoa física, brasileira ou estrangeira, residente no País, que exerce a pesca com fins comerciais de forma autônoma ou em regime de economia familiar, com meios de produção próprios ou mediante contrato de parceria, podendo atuar de forma desembarcada ou utilizar embarcação de pesca com arqueação bruta menor ou igual a vinte metros (BRASIL, 2015).

Neste tópico, optou-se por acolher a definição pescadores artesanais apresentados por Clauzet *et al.* (2005) que os define como profissionais que:

Trabalham sozinhos e/ou utilizam mão-de-obra familiar ou não assalariada, explorando ambientes ecológicos localizados próximos à costa com interesse na captura e desembarque de toda classe de espécies aquáticas, pois a embarcação e aparelhagem utilizadas para tal possuem pouca autonomia. A captura da pesca artesanal é feita através de técnicas de reduzido rendimento relativo e sua produção é total ou parcialmente destinada ao mercado (Clauzet *et al.*, 2005 p.1).

Superado o debate a respeito da definição de pescador tradicional, precisou-se lembrar que a comunidade de *Forte Velho* enseja um histórico de organização social baseado no *foro*, onde os moradores não dispunham da posse da terra tão pouco eram funcionários da fazenda uma vez que não gozavam das prerrogativas legais trabalhistas inerentes aos diferentes ofícios que desempenhavam, notadamente nas atividades inerentes à monocultura do coco.

A vida e ambiência dentro da *Fazenda Forte Velho* caracterizavam-se por rotinas eminentemente rurais, realizadas de forma independente (nos roçados de mandioca, feijão, inhame, milho, batata, hortaliças, etc.), mas também dedicadas à pesca artesanal de diversos produtos oriundos da maré, sobretudo o camarão, muito abundante à época.

## PRIMEIRO MOMENTO DA PESCA: CURRAL, VIVEIRO E DA REDE GRANDE

Conta os moradores mais antigos que os primeiros registros da pesca em Forte Velho remontam às décadas compreendidas entre 1930 a 1950 quando então *Firmino Falcão*, residente na Fazenda e sobrinho de *Dona Nenzinha* e seu Antônio Elias, após arregimentar terrenos na área adjacente ao rio da Guia, na região conhecido como Focinho demonstrou interesse no desenvolvimento da piscicultura de peixes nativos do Rio Paraíba, instalando quatro viveiros de peixe.

Informantes também mencionam que *Firmino* dispunha também de três currais (chamados também de sítios/marcação) próximos a Ilha da Restinga, além de rede emalhe conhecida por *rede grande*. Lamentavelmente muito pouco ou quase nada desse período se conhece, visto que a maioria dos informantes faleceu, sendo escassas e descontraídas as informações. Todavia, sabe-se que com a morte de *Firmino* o negócio de peixe nos currais e nos viveiros foi descontinuado pelos herdeiros.

## SEGUNDO MOMENTO: A PESCA DOS DONOS DOS BARCOS (POMBEIROS)

O segundo momento temporal da pesca em Forte Velho compreende (1960-1970); este bastante preservado na memória dos interlocutores que trata da pesca *meeira ou em parceria*, isto é; um arranjo fortemente concentrador, onde os *donos dos barcos* (atravessadores) detinham dos meios de produção e o direito de comercialização dos pescados, e quem arregimentaram a tripulação que prestava serviço.

Nessa organização, os preços elevados dos insumos empregados na confecção das redes de pesca e das embarcações tornavam via a pescaria independente algo impraticável, colocando o pescador em condição desfavorável em relação atravessadores também chamados de "pombeiros<sup>2</sup>".

No meu tempo, tinha muito pouca gente que tinha [barco e redes], mas no tempo em que eu pescava pros outros era seu Antônio Honório, Manoel Venâncio, Pompeu, Batista e Zé Marcolino e Raimundo, pai de Ary, Chico motorista e Furico, eles tinha Rede Grande, eram donos dos barcos... os donos tinham quinhão, nós não tinha nada. Mas precisava trabalhar pra eles (EX-PESCADOR, 2019).

As pescarias daquele período apresentam semelhanças em alguns aspectos com as praticadas atualmente, principalmente no tocante o emprego da embarcação (canoas) e redes de emalhe conhecidas como *sau-neiro*<sup>3</sup>, ficando por aí o comparativo, pois na ocasião, o pescador era um mero prestador de serviços nas embarcações tanto para os donos da

---

<sup>2</sup> Ver mais em Gilberto Freyre, (1936).

<sup>3</sup> Rede de emalhe cuja especialidade é a captura do peixe Saúna peixe teleósteo da família dos Mugilídeos, semelhante à tainha, mas que devido seu emalhe fino também captura camarão.



fazenda como para outras pessoas por eles chanceladas quer pelo grau de amizade ou por parentesco.

Decorrida a faina da pesca na maré, voltavam os pescadores à Forte Velho e desembarcava-se na praia, onde o *pombeiro* os aguardava para conferir o resultado obtido (apurado) dia. Todo o pescador era integralmente repassado ao dono do barco, que efetuava a pesagem e posteriormente a repartição do *quinhão* de cada pescador e o seu próprio. O quinhão é um termo inerente à pesca que corresponde à divisão dos pescados entre os participantes, no caso da relação pescador versus dono do barco; o quinhão era dividido por quatro, o dono e os três pescadores. Relatos apontam que alguns pescadores depois de reservarem parte do seu quinhão para atender sua subsistência, repassavam o restante ao dono do barco, pois para além de conferir um pouco mais de renda, era uma maneira de se desfazer do produto excedente por não haver meios para conservá-los.

Não havia desse modo propriamente uma venda do pescador ao pombeiro, o que descaracterizaria a parceria, mas uma cessão da porção que lhe cabia no *quinhão* comprado pelo dono do barco. Essa parte remanescente do quinhão era pesada com balanças de pratos e peso de metal, e no momento de sua tara era adicionado 10% de extrapolação em favor do dono do barco. Essa extrapolação intencional chamava-se *colarinho*, *o colarinho do dono*.

O pescador mesmo conferindo a pesagem “*ludibriosa*”, não manifesta contrariedade (pelo menos não na presença dos donos dos barcos), pois se tratava de prática arraigada entre os pombeiros. Restava ao pescador, portanto, contentar-se com o (*quinhão*), que com dificuldade supria as necessidades de consumo da família. No entanto, para os donos dos barcos, o negócio demonstrava ser extremamente vantajoso e lucrativo, não havendo do que reclamar:

Naquela época eu cheguei a comprar 80 quilos numa pescaria só, numa maré e de tarde ser outro

tanto... tinha vez de onde não ter onde guardar camarão, tinha vez de guardar nos balde, não tinha nem caixa pra guardar, eu ganhava dinheiro... por isso dava pra comprar barco, fui até pro Rio (de Janeiro) com o dinheiro que ganhei, teve outro que apurou 200 quilos de camarão eram bom demais (Ex-atravesador, 2019).

De fato, o negócio era próspero aos donos dos equipamentos, no entanto, tratava-se de uma parceria claramente injusta para os pescadores, pois entre os pescadores e proprietários não havia possibilidade de negociação no *quinhão*, e nessa pretensa “parceria” quem efetivamente lucrava eram os *pombeiros*.

O pescador nesse período com muito pouco ficava da produção, pois se repassava aos *pombeiros*, provando que a lógica de capital constituída no mundo da pesca daquele período era guiada estritamente pelo dinheiro (Simmel, 1976).

### TERCEIRO MOMENTO: O FIM DO MONOPÓLIO PESQUEIRO

A modalidade de pesca enviesada em que sempre o dono do barco, e nunca o pescador vende o peixe perdurou longos anos, até que por volta de 1975. Quando conta a história que um ex-motorista de ônibus conhecido pela alcunha de *Chico motorista* ao se desligar da empresa viária em que trabalhava, resolveu investir o pagamento da indenização na compra de canoas e *suaneiros*, tendo também formando equipes fixas de pescadores de Forte Velho para explorarem a pesca do camarão no Rio Paraíba, tendo segundo relatos esse empreendimento alcançado êxito por algum tempo.

No entanto, por razões não muito esclarecidas pelos informantes, *Chico motorista* de por algum motivo, sensibilizado com as condições de precariedade porque passava o pescador dentro daquela relação trabalhista eminentemente subserviente em face aos donos dos barcos,

deliberadamente tomou então a iniciativa de proceder a doação algumas de suas *canoas* e demais *petrechos de pesca*.

Seu gesto, talvez inconsciente, fosse percebido na comunidade como momento de assombro, espanto e revolução, pois iniciaria a partir daquela iniciativa o processo de desarticulação do monopólio da pesca do camarão e do peixe e de toda a organização social dela decorrente.

Em 1975 começou essa história do *cabra* dar a rede [...] Chico motorista começou essa história e acabou com o quinhão [...] e ficou assim pra todo mundo [atravessadores]ninguém queria pescar pra dar a parte do dono, [pois] só quem tinha vantagem era o comprador (Ex-atravesador, 2019).

Essa atitude altruísta de *Chico motorista* repercutiu negativamente entre os proprietários das embarcações, pois com a perda do monopólio da compra e revenda dos pescados o negócio aos poucos se tornou inviável, visto que os pescadores manifestavam interesse em trabalhar por conta própria, auferindo rendas que certamente não obtinham se trabalhassem sob o sistema de parceria.

Percebendo a irreversível derrocada dos negócios, e a ressignificação no *status quo* da pesca, muitos pombeiros não perceberam alternativa senão se desfazer de seus petrechos por doação ou por venda parcelada aos pescadores.

No tempo de *Chiquinho*, antigamente o caba tinha que deixar o quinhão do dono, mas depois de Chiquinho pra cá o caba deixou de pagar o quinhão [...] e o pescador mesmo começou a pescar só, com as mulher, com os menino, usando a camaraozeira. [...]

O fim do quinhão foi bom pra quem não tinha navegação, e passou a ter. Muitos deles [pescadores] pagavam devagarzinho a prestação, mas muitos deixavam de pagar. Eu mesmo perdi um sauneiro

e quase perco a canoa, quem ficou, ficou e o que deu pra vender, eu vendi, eu parei com isso. Depois de muito tempo quem tomou conta desses negócios foi as mulheres, não tem mais pombeiro homem... hoje são as mulheres. Quem vende camarão aqui é Penha, Rosalva e Maria Rita... elas vendem tudo, marisco, ostra, etc. (Ex-atravesador, 2019).

A doação deliberada dos equipamentos de pesca por parte de *Chico motorista* aos pescadores decorre mais de 40 anos, mais ainda é lembrado por pescadores e em especial pelos *pombeiros* que confirmam esse evento como de ruptura do monopólio da compra e revenda dos pescados, mas que, no entanto, invariavelmente nos permite perceber duas perspectivas sobre o mesmo fato.

O primeiro olhar contempla a figura do pescador; posto como um reles prestador de serviço que atendia aos interesses do dono do barco, e quem menos se beneficiava com o resultado da pesca. Mas ao poder adquirir os meios de produção, tornou-se independente, podendo negociar diretamente o comprador, conferindo assim maior soldo.

Num outro campo de análise a perspectiva dos pombeiros. Donos dos barcos que lucram alto com esse tipo de empreendimento, mas que por uma atitude deliberada de um dos seus pares, o negócio praticamente se tornou inviável em curto espaço de tempo, os obrigando a migrar para outros interesses.

#### QUARTO MOMENTO: A PESCA NA DÉCADA DE 1980-2000

Como visto anteriormente, a pesca no momento de existência da *Fazenda Forte Velho* vem experimentando um processo de transição desde quando se tem notícias da exploração dos recursos da maré através de currais, viveiros e *redes de emalhe (Rede Grande)* anos compreendidos de 1940-1950.

Posteriormente ganharia essa atividade maior complexidade e importância econômica na comunidade nos anos de 1960 a 1970 com a profissionalização e mercantilização do setor promovida pelos atravessadores (pombeiros) em acordos demonstrados poucos vantajosos aos pescadores contratados. E, por fim; um terceiro momento está agora relacionado com a expansão da pesca artesanal a partir do advento de novos insumos notadamente as redes emalhe em *nylon*, a substituição da Canoa pelo Caíco a motor e a conservação dos produtos explorados sob refrigeração para manter a qualidade.

No período da pesca comercial gerenciada pelos atravessadores, a rede de emalhe para a captura do camarão e para peixes maiores a rede grande, eram confeccionadas com fio de algodão da marca Urso nº 1 e tingidas com casca de mangueiro vermelho (*Rizophora mangle*) para conferir maior durabilidade à água do mar.

De confecção estritamente artesanal, as redes de pesca tinham custo de produção elevado porque eram entremeadas à mão pelas mulheres da própria comunidade, contratadas pelos donos dos barcos para desenvolver especificamente esse serviço, portanto, um serviço inacessível ao pescador tradicional que tão pouco dispunha de meios para a compra do insumo.

No entanto, com o fim do monopólio dos atravessadores (pombeiros) e abertura da pesca, houve entre os pescadores maior acesso ao ganho financeiro advindo da venda direta e indireta de seus pescados que lhes permitia adquirir os materiais necessários à produção de seus próprios equipamentos (cortiça, corda de lastro, chumbada, etc).

Contudo, acesso a democratização desses materiais se efetivaria na década 1980 com o surgimento do fio de poliéster (*nylon*) em substituição ao frágil algodão, bem como as primeiras vendas de *pano de rede* (*panadas*) prontas, vendido em metro no comércio especializado de Cabedelo e João Pessoa.

Segundo os pescadores, no mesmo período em que iniciaram as operações as redes *Nylon*, o emprego da rede de emalhe camarãozeira<sup>4</sup>, igualmente se tornava popular entre os locais, seguido das *redes de tomada, de arrasto* e a *tarrafa*, todas de mesma composição.

É patente afirmar que com o advento desses novos tipos de petrechos, houve conseqüentemente um aumento substancial no volume de pescados explorados, havendo igual necessidade de expandir os espaços de armazenamento. Como a energia elétrica havia chegado muito recentemente, (1975), não surpreende que os pescadores não dispusessem de refrigeradores para esse armazenamento.

Não dispondo de meios de conservação, ou estes sendo precários, era habitual recorrer ao cozimento dos crustáceos em água e sal como forma de estender sua perecibilidade, até que fossem, por fim, vendidos aos comerciantes de Cabedelo. Contudo, o peixe fresco, apesar de abundante, obrigava que fosse rapidamente comercializado dentro da própria comunidade ou revendido aos pombeiros que dispunham de meios para conservá-los.

Antigamente, se pegasse o peixe hoje, amanhã tinha que vender, hoje não. As coisas estão mudadas, matava mais, mas não apurava, não tinha preço, o camarão nós ia pescar e não tinha onde guardar, o povo torrava pra vender aquele camarão (PESCADOR, 2019).

Nos anos posteriores à chegada da energia elétrica, esse tipo de arranjo foi aos poucos caindo em desuso, principalmente a salga do camarão, pois com a difusão dos refrigeradores, os pescados poderiam ser acondicionados por um período de tempo estendido a espera de compradores interessados, fato este que também condicionava oportunidade de venda a preços melhores.

---

<sup>4</sup> Rede emalhar especializada na captura do camarão de maré, de andata.

## CAICOS: UM LEGADO PRESTE A DESAPARECER?

Por se tratar de áreas sujeitas a regime de marés, boa parte dos pontos de pesca do estuário do Rio Paraíba precisa ser acessado por embarcações que auxiliam o deslocamento dos pescadores artesanais na faina diária da captura dos peixes, mariscos e crustáceos (Nishida *et al* 2008). O histórico da navegação empregada a serviço da pesca em Forte Velho remonta o uso da canoa a vela de algodão produzido artesanalmente por mestres habilidosos nessa técnica de produção de embarcações simples.

Assim como as *tecedeiras de redes* de emalhe, os *carpinteiros* eram contratados pelos donos das embarcações para executarem os serviços e remunerados por empreitada. O local de construção era às margens da praia do Rio Paraíba sob a sombra dos coqueiros.

O material empregado podia ser louro vermelho, ipê, no nordeste conhecido como pau-d'arco, sucupira, e outras menos nobres como a jaqueira, cajueiro e mangue manso. Todo o preparo poderia levar uma média de três meses, tornando os custos de produção impraticáveis à grande maioria dos pescadores.

A canoa a vela viveu momentos áureos na navegação até a década de 1990, quando por fatores de escassez de madeira-prima e custos elevados de produção tornaram sua produção inviável. Como alternativa de substituição a Canoa, apareceu o Caíco, um novo tipo de embarcação na comunidade de mediações, cujas características, de preço baixo, rápida produção e confiabilidade serviram de prerrogativas à sua rápida aceitação na comunidade.

Interlocutores afirmam haver 180 embarcações no fim da década de 1990 somente em *Forte Velho*. Todavia, no momento da pesquisa de campo (2018) contabilizamos 41 unidades na baixa-mar, levando-nos a crer que a demanda por esse tipo de transporte acompanha igualmente a tendência de redução no número de pescadores.

A consolidação definitiva dos Caícos na rotina da pesca e da própria ambiência da comunitária viria na década de 2000, com o advento do motor *rabeta* substituindo praticamente o emprego da força manual permitindo ao pescador maior agilidade e redução do tempo nos seus deslocamentos.

Atualmente os Caícos, em sua grande maioria, são construídos em estaleiros na periferia do porto de Cabedelo, local esse que se especializou na fabricação e manutenção de barcos, canoas e jangadas. Segundo pescadores, a depender das dimensões da embarcação de 7 e 8 metros (sem motor), seu preço oscila entre R\$2.000 a 3.500 reais. Até pouco tempo, dois construtores figuravam como mestres nesse tipo de embarcação, contudo, atualmente seu Zé Carlos, (66 anos), vulgo (Galego) resta último remanescente dos carpinteiros tradicionais, no entanto, sendo muito procurado principalmente para executar pequenos e médios reparos (Figura 3).

FIGURA 3 - CAÍCOS ATRACADOS NA BAIXA-MAR.



Fonte: Cleber Oliveira (2018).

Quando questionado sobre o fato de ser o último carpinteiro da Comunidade e sobre o futuro do ofício, retrucou Seu Zé Carlos: “Se o



*cara não quer aprender a fazer a coisa, fazer o quê?”* denotando descontentamento em relação à carência de gente interessada no ofício.

Assim como decaiu a atividade pesqueira, a procura por esse tipo de serviço acompanhou tal tendência. A baixa demanda de serviços, não motiva interessados em perpetuar o legado dos segredos da carpintaria naval tradicional, por esse motivo, coloca-se como certa a perda desse importante serviço prestado aos pescadores, bem como a extinção da construção naval simples na comunidade *Forte Velho*. A Figura 4 apresenta um pouco da rotina e do espaço de trabalho do último carpinteiro naval da comunidade.

FIGURA 4 - ZÉ CARLOS (GALEGO) ÚLTIMO *MESTRE* CARPINTEIRO DE CANOAS E CAÍCOS.



Fonte: Dados da pesquisa (2018).

Depreende-se então que a relação estabelecida entre os rios e a comunidade remonta tempos memoriais, tendo primeiramente a canoa e os Caícos importância nos transportes e concomitantemente servindo de elemento compositor da paisagem e construto cultural e patrimonial do lugar.

Desse modo, a paisagem constituída por um bem natural (rio) e cultural (Caíco), não podem ser observadas de forma dissociada, mas analisadas tomando como referencial o processo histórico de suas apropriações e evocações, as quais são histórica e geograficamente específicas, devendo ambos, portanto serem preservados.

## QUINTO MOMENTO: PERSPECTIVAS E CENÁRIOS DA PESCA ARTESANAL EM FORTE VELHO

Conforme a atividade pesqueira migrava de um modelo *comercial* para um *artesanal tradicional* independente, ascende na comunidade a participação feminina, notadamente três esposas de *pombeiros* que por razão de falecimento dos seus maridos ou porque estes se dedicaram a outras atividades passando então a tomar a frente dos negócios, tendo algumas em pouco tempo prosperado na atividade que mesmo diante da atual crise porque passa o setor, ainda configura como forma de sustento, tornando-se assim importante para esta comunidade.

Frente a todos os acontecimentos marcantes da história da pesca em *Forte Velho* a palavra que melhor expressa a real situação é: desalento, pois muitas foram as condicionantes que corroboram para a sua derrocada: a primeira delas seria a sobrepesca e um ideia desenvolvimento que desconsidera os limites ambientais dos estoques (Acheson *et al.*, 1998; Diegues, 1999; Vasconcelos *et al.*, 2007, Almeida, 2016); o segundo seria a presença de conflitos de natureza socioambiental, agravado por questões de ordenamento e exploração do solo e o terceiro, o resultado advindo das duas condicionantes que desmotivam a nova geração a prosseguir na atividade.

O estuário do Rio Paraíba compreende uma área inserida num contexto de vulnerabilidade e grande pressão ambiental, decorrente da monocultura canavieira nos tabuleiros litorâneos que suprimiram a vegetação nativa, favorecendo ocorrência de erosões, contaminação fluvial

por defensivos agrícolas. Ao mesmo tempo, é preciso considerar o lançamento indiscriminado dos efluentes domésticos e industriais sem tratamento da região metropolitana de João Pessoa e por fim, a carcinicultura (camarões de cativeiro) instalada a pouco tempo na comunidade, trazendo sérias implicações socioambientais à comunidade.

Dentre as problemáticas, no entanto, uma tornou-se mais evidente por comprometer diretamente as atividades tradicionais como a pesca e a agricultura, trazendo prejuízos àquela população. A instalação de um empreendimento voltado para a criação de camarões em cativeiro (carcinicultura) na comunidade e as consequências provocadas por este mobilizaram as lideranças locais na tentativa de impedir que o empreendimento continuasse a operar sem as devidas medidas de mitigação impactos ambientais decorrentes, principalmente o lançamento de efluentes dos tanques de criação.

Adquirida no contexto de venda e loteamento das terras de Forte Velho, no fim da década de 1990, a Carcinicultura PRJC Camarões LTDA, implanta no ano de 2002, foi judicialmente inquirida atendendo solicitação da população e lideranças locais sob a alegação de irregularidades no projeto de instalação e operação dos viveiros na área de interesse das populações tradicionais denominada *prainha*, esta às margens do Rio da Guia, de grande importância ecossistêmica, além de pretensa contaminação salinização de áreas empregadas na agricultura de subsistência e de captação de água por cacimbas além de redução do mangue e de espécies comuns àquele ecossistema.

Conforme consta o relatório do Ministério Público Federal (MPF) o litígio agravou-se em 2007 em decorrência de um rompimento de 16 metros de largura de um dos diques de contenção dos viveiros, em dezembro de 2007 lançando todo o material empregado na sua construção para o Rio da Guia e encobrando o mangue circundante, ocasionando em importante prejuízo à fauna e flora do local (MPF, 2008).

Embora respondendo na justiça pelo rompimento do dique, a PRJC Camarões LTDA, envolveu-se em 2007 em outro evento de contaminação ambiental, agora decorrente do despejo de aproximadamente 14 toneladas de camarão supostamente doentes às margens do Rio da Guia, que foi denunciado por entidades não governamentais e lideranças locais às autoridades ambientais competentes, mas nenhuma resolução parece ter ocorrido de concreto nesse caso em particular, acumulando, portanto, a população mais este passivo (Espaço ecológico, 2011)<sup>5</sup>.

Ficou claro com que a carcinicultura além de impactar o ecossistema local, implicou negativamente numa cadeia de problemas para os moradores locais residentes próximos aos viveiros, principalmente no aspecto do aproveitamento das cacimbas que se tornaram salobras, a perda das terras agricultáveis de roçados e também no livre deslocamento dos moradores pelas áreas ocupadas pelo empreendimento.

Como supra-apresentado, o estuário oferece uma série de serviços ecossistêmicos que invariavelmente repercutem no trabalho e geração de renda não somente de pescadores, mas de toda a cadeia produtiva (bares, restaurantes, turismo) que se beneficia da pesca e da manutenção da qualidade ambiental do estuário para se manter ativos, como também outras ocupações tradicionais rurais que igualmente sobrevivem das pequenas plantações, criação de pequenos animais, coleta de cocos e outras frutas (Almeida, 2016).

Desse modo, a desestruturação dos arranjos produtivos tradicionais por imperativos ambientais parece ser o principal agravante da crise de trabalho e renda na comunidade, nesse caso, estamos falando de pescadores artesanais marisqueiros, catadores de caranguejo e pequenos agricultores.

Entrevistas, relatos e dados de outras pesquisas confirmam o aumento do desinteresse dos jovens nessa atividade e a migração dessa

---

<sup>5</sup> Ver mais em:< <http://www.espacoecologicoanoar.com.br/acervo/conteudo/view/id/17517>>

força de trabalho para outros campos de trabalho fora do mundo hali-êutico e rural. Os que não podem migrar com frequência são de certa forma coagidos a diversificarem suas fontes de renda com serviços extra pesca.

Nessa percepção de mudança rápida das realidades ambientais e da repercussão prática desses cenários na vida concreta da população discorre o pescador:

Hoje a pesca tá mais fraco, muito mais fraco... é muita coisa que apareceu que veio prejudicar a pesca, ficou diferente, isso foi mudando a organização do pessoal, antes o pessoal gostava de pescar, porque tinha [peixe], mas foi acabando, e o povo foi se desgostando, hoje em dia você procura alguém pra pescar e não acha, o povo não quer pescar... quem vai [para a pescaria] é o pai que não é aposentado, a mãe a avó, e eles [jovens] não tão nem ligando pra pescaria, só vão na vantagem, a necessidade obriga (PESCADOR, 2019).

Conforme Furtado (1987), a nostalgia dos tempos de outrora talvez tenham influenciado nas avaliações dos jovens em face da situação atual, na medida em que constantemente estabelecem comparações nos dois momentos históricos da Comunidade: o contemporâneo tomado a partir de suas próprias concepções e o pretérito, com base nas referências dos mais idosos.

Antigamente a gente pescava em cima do zero, tinha que pescar, tinha família, hoje muitos pescadores só pesca por notícia um foi pescar, arranjou camarão, os outros ficam tudo de olho. O boato corre, o fulano matou 13 quilos o outros tantos... é assim agora, só querem na vantagem. Quem pesca mesmo, de verdade, não vive só da pesca, acabou esse tempo, tem que fazer outros serviços (Ex-pescador, 2018).

Esse aspecto saudoso foi bem colocado por Antônio Cândido (1971) quando tratou do modo caipirismo paulista quando menciona abundância, a solidariedade e a sabedoria como expressão identitária do verdadeiro pescador. Talvez por esse motivo, se explique a recorrente comparação entre uma pesca de antes (ou antigamente) e a pesca do agora (atualmente). Esta primeira ainda muito arraigada no imaginário coletivo das vicissitudes e como época de necessidades e obrigações frente o provimento da família (a vida dura). Por isso, o *sair no zero* significava a intrepidez do pescador em enfrentar as incertezas da faina, mas ansiando que empreenderia êxito no seu intento.

Eu já dei lance de siri de não poder não embarcar. Lance se o caba puxar pra dentro enchia canoa, quando dava a cheia aqui, dava siri com força, siri pontinha, siri açu, dava tanto siri. Eu morava na rua da alegria, falava pra muié, pega o feijão que eu vou trazer o siri, e trazia siri mole (Ex- pescador, 2019). [...]

A pesca significa uma grande coisa porque criei meus filhos da pesca hoje sou aposentado pela pesca é um salariozinho, mas pra mim eu tenho que eu não vou falar da minha profissão que eu vivi. Eu não vou falar da minha profissão, tenho orgulho de ser pescador... sou conhecido e falado demais e, todo canto é dizer Nuca que o povo já sabe (Mestre NucA, Pescador, 2018).

Narrativas de pescadores aposentados trazem sentimentos vividos no que eles consideram *peças de antigamente*, com destaque a intrepidez para o trabalho resiliente diante das necessidades inexoráveis. Numa outra via, a contraposição aos *tempos atuais*, onde pretensamente os pescadores mais jovens passam a ser considerados como oportunistas

e malevolentes, pois vão à pesca apenas quando lhes convém e na certeza de que obterão alguma *vantagem*.

Nessa dicotomia entre a memória e a vida, o eticamente aceito ou socialmente condenado no código costumeiro, percebe-se que a atividade prossegue na comunidade demonstrando sua capacidade de resiliência ao longo do tempo. Ao contrário dos seus pais e avós, a geração atual, alimenta “outros gostos” se inclinando com mais frequência a campos profissionais financeiramente mais atrativos, estes fora da comunidade.

Neste caso, as oportunidades de melhor colocação profissional são geralmente encontradas nas regiões Sudeste e Sul. Talvez esse fato explique a média de idade dos pescadores entrevistados ser de 45 anos. Refletindo acerca desse envelhecimento e falta e de renovação dos pescadores, resume, por fim o ex-presidente da Colônia:

“pergunta ao jovem se ele quer ser pescador? nem presidente da Colônia!” pescador tem muito, mas tudo de carteira, mas pescador de pescar mesmo não tem, pode rodar tudo aqui que não acha, se você caçar um pescador pra ir pra maré, você anda Forte Velho quase todo e não acha (Ex-presidente da colônia, 2018).

Atualmente o número de pescadores registrados na Colônia de *Forte Velho* corresponde a 210, destes, 140 (66,6%) são mulheres, confirmando, portanto, a tendência de evasão e deficiência na renovação destes profissionais para os próximos anos. No entanto, muito do pretenso desinteresse dos filhos dos pescadores pela profissão decorre dos próprios pais, tendo 59% destes preferido que seus pupilos abracem outras profissões; média 14% maior quando comparada ao restante da região nordeste com médias de 45%.

Os que afirmam não querer seus filhos na pesca são os mesmo que garantem não pretendem abandonar a atividade alegadamente por

estarem habituados ao serviço e à rotina na maré e por isso, não se adequa facilmente em outras atividades extra pesca, embora, por vezes, no momento de escassez, sejam necessárias. Assim depreende-se que o pescador percebe e avalia a pesca não tendo em vista somente a oportunidade monetária auferida, mas o senso de satisfação e realização pessoal que a atividade confere à sua vida. Afinal, pescar é preciso!

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho ensejou apresentar um resgate memorial da trajetória histórica da comunidade *Forte Velho* tomando como perspectiva o campo narrativo de alguns dos diferentes atores responsáveis por compor os diferentes momentos do lugar.

No interesse de responder aos questionamentos propostos no início desta apresentação, resgatamos brevemente a historiografia do espaço no interesse de apresentar luzes que corroborem a toponímia de *Forte Velho*, bem como entender a lógica por trás da prática do *foro* e os inúmeros aspectos sociais entre *moradores e proprietários*, e da apreensão das particularidades da vida e dos costumes a exemplo do “troca dia” o pagamento do “dia da semana” nos diferentes espaços de trabalho no momento de ingerência dos proprietários da fazenda.

Nesse mesmo período, analisamos aspectos políticos dos dirigentes da fazenda e sua relação com a comunidade, percebendo uma dualidade diante do campo de vista dos entrevistados onde alguns se apresentavam como opressor, e outros, como agradecidos jubilosos dentro da condição em que viviam ou gratos pelo o que puderam alcançar.

Analisando a composição da pesca nos surpreendemos com os muitos eventos porque tem passado esse arranjo desde os idos de (1940 - 2000), permitindo-nos segmentar os eventos em cinco momentos, estes colocados cronologicamente de forma a percebemos que estes estão diretamente imbricados com os desdobramentos históricos da Fazenda.



Ficou evidente entre os diferentes agentes uma composição pesqueira do “passado” e outra “atual” onde a considerada do passado é expressa como farta, laboriosa e recompensadora, enquanto que a “atual” é escassa, facilitada, e menos vantajosa. Nessa transição, mudanças significativas ocorreram no que diz respeito às técnicas e artefatos pesqueiros, a citar a substituição das redes de emalhe de algodão por *Nylon*, a canoa a vela pelo Caíco a motor, por exemplo.

As mudanças mais evidentes nas características da pesca nos últimos anos foram as condições presentes de escassez dos recursos em possível correlação com a degradação ambiental e a sobre-exploração dos estoques que repercutido na mudança do *status quo* da pesca principalmente entre a população mais jovem que tem buscado alternativas fora da pesca como estratégia de sobrevivência.

Embora o desestímulo dos pescadores em face dos fatores de repulsa da pesca, estes denotam resiliência em prosseguir na atividade. Desse modo, acreditamos que sua manutenção não está de todo vinculada aos benefícios econômicos decorrentes da atividade, mas pelo campo afetivo e identitário que a profissão de pescador (a) carrega e de seu pertencimento ao espaço. Local de sua práxis habitual.

Deste modo, depreende-se que a pesca artesanal em Forte Velho, mesmo diante do quadro de mudanças por que tem passado, mantém a estratégia de reprodução social dos pescadores locais, bem como das relações socioculturais e suas representações de mundo. O *ambiente das águas* em que se inserem é seu mote de inspiração e vida, assumindo a pesca, a maré e os companheiros a natureza do ser dos pescadores artesanais, não havendo, portanto, como dissociá-los.

A opção metodológica empregada baseada na análise de discurso Foucault (2007) demonstrou-se ser extremamente viável principalmente na constituição do resgate memorial dos diferentes fatos, e também no campo de confronto das informações visto que a cada informação coletada, procurava-se outra fonte de forma a perceber os elementos

de convergência e divergência por trás de cada relato e assim, proceder as devidas ponderações diante das observações de campo e de leituras anteriores referentes ao tema.

Por fim, fugindo do viés dualista a respeito da relação entre antigo e novo / tradição e mudança, que, invariavelmente, caminha com a ideia de resistência entre a vida tradicional e a coerência racional dos mercados, faz-se preciso repensar essa questão na perspectiva de integração entre as duas correntes, onde, dentro da própria contradição, busquem-se alternativas capazes de manter o *ethos* identitário da comunidade, ao mesmo tempo, com o aproveitamento das oportunidades de negócios, apoiados na perspectiva social, histórica e ambientalmente responsável (Sahlins, 1990), tal como se percebe, por exemplo, com comunidades tradicionais que observaram no turismo de base comunitária, em consórcio com a pesca recreativa, o ponto de inflexão que precisavam para a saída da crise.

## REFERÊNCIAS

ACHESON, J.M.; WILSON, J.A.; STENECK, R.S. **Managing chaotic fisheries**. In: BERKES, F.; FOLKE, C. (Eds.) Linking social and ecological systems: management practices and social mechanisms for building resilience. Cambridge: Cambridge University Press, 1998. p.390-413.

ALMEIDA, A. R. B. de. **Ecoturismo e Turismo de Base Comunitária em Forte Velho, PB: Diagnósticos e proposições**. Dissertação de mestrado. UFPB. 2016. 131 fls. Disponível em:<<https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/tede/9046>>. Acesso em 23/out/2018.

BRASIL. Decreto Lei 8.425 <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/asuntos/mpa/legislacao/legislacao-geral-da-pesca/decreto-no-8-425-de-31-03-2015.pdf/view> acesso 10/out/2018.

CLAUZET, M.; RAMIRES, M.; BARRELLA, W. Pesca artesanal e conhecimento local de duas populações caiçaras (Enseada do Mar Virado e Barra do Una) no litoral de São Paulo. Brasil. **Multiciência**, v. 4, n. 4, p. 1-22, 2005.

DIEGUES, A. C.. **Pescadores, camponeses e trabalhadores do mar**. São Paulo: Ática, 1983.

\_\_\_\_\_, A. C. **A pesca artesanal no litoral brasileiro: cenários e estratégias para sua sobrevivência. Pescadores artesanais – entre o passado e o futuro**. FASE: 1988. p.74.

\_\_\_\_\_, A. C. A sócio-antropologia das comunidades de pescadores marítimos no Brasil. **Etnográfica**, Vol. III (2), 1999, pp. 361-375. Disponível em:< <http://nupaub.fflch.usp.br/sites/nupaub.fflch.usp.br/files/color/leal1.pdf>> Acesso 25 fev 2018.

FAO (Organização das Nações Unidas para a Agricultura e a Alimentação). **Expert consultation on small-scale fisheries development**. Fisheries Report, Rome. 1975. P. 169.

FURTADO, L. G. **Curralistas e Redeiros de Marudá: Pescadores do Litoral do Pará**. Belém, Museu Emílio Goeldi, 1987.

NISHIDA, A. K. **Catadores de moluscos do litoral Paraibano. Estratégias de subsistência e formas de percepção da natureza**. São Carlos, SP. (Tese de Doutorado) – UFSCar, Pós-graduação em

Ecologia e Recursos Naturais, do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, 2000, p.143

PLATTEAU, J.P. **The dynamics of fisheries development in developing countries: a general overview.** Development and Change, v.20, n.4, p. 565-597, 1989.

SAHLINS, M. **Ilhas de história.** Rio de Janeiro: J. Zahar, 1990.

SCHMIDT, C. B. **A lavoura Caiçara.** Rio de Janeiro. **Ministério da Agricultura, Serviço de Informação Agrária.** Documentário da vida rural, n.14, 1947.

SCHUMANN, S.; MACINKO, S. **Subsistence in coastal fisheries policy: What's in a word?** Marine Policy, (31): 706–718, 2007.

SIMMEL, G. **A metrópole e a vida mental.** In: VELHO, Otávio G. O fenômeno urbano. Rio de Janeiro: Zahar, 1976.

VASCONCELOS, M.; DIEGUES; A. C.; SALES, R. R. **Limites e possibilidades na gestão da pesca artesanal costeira.** In: Costa, A. L. (Org.). **Nas Redes da Pesca Artesanal.** Brasília: IBAMA-MMA, 2007, p.15-83.

# **REUSO DA ÁGUA DE ESGOTO TRATADO EM FOSSA BIODIGESTORA PARA A PRODUÇÃO AGRÍCOLA DE PALMA FORRAGEIRA NO SÍTIO BRAVO, BOA VISTA-PB, SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

---

*Sérgio Murilo Santos de Araújo*

*Alana Gabriela Silva de Melo*

*Dânio Marne de Araújo*

*Dalva Damiana Estevam da Silva*

*Lázaro Avelino de Sousa*

## **INTRODUÇÃO**

A água é um recurso natural essencial para a vida animal e vegetal, sendo fundamental para a sobrevivência humana. Está presente em todos os processos da sociedade, sendo utilizada para consumo humano, dessedentação animal, nas atividades domésticas, na produção agrícola, na pecuária e na indústria. Destarte, a disponibilidade de água torna-se fundamental para os grupos humanos, uma vez que suas atividades e sobrevivência dependem substancialmente da disponibilidade hídrica local ou regional.

O projeto objetivou aplicar e monitorar tecnologias ou sistema para tratamento de esgoto doméstico, por meio de um sistema de fossa biodigestora, visando o reúso da água com a produção de um efluente biofertilizante para a produção agrícola em comunidade rural. O local escolhido para a implantação das unidades de tratamento de reúso da água foi o Sítio Bravo no município de Boa Vista, situado no Cariri Paraibano, incluso no Semiárido Brasileiro (SAB). O projeto em andamento consistiu na instalação e monitoramento de um sistema de tratamento

de águas proveniente de vaso sanitário (fezes e urina) em uma residência rural.

A água tratada por meio dos sistemas de tratamento de águas servidas pode ser utilizada na fertirrigação de forrageiras (capim, palma etc.), de frutíferas lenhosas (acerola, goiaba etc.), de plantas ornamentais diversas, entre outras. No Sistema de Fossa Biodigestora foi necessário realizar a adaptação da coleta de águas e dejetos, por meio da ligação das tubulações para um sistema de caixas d'água sequenciadas, ligadas por tubulações de PVC rígido.

O tratamento ocorreu por meio de processos biológicos sem a adição de produtos químicos que promovam a floculação e decantação, sendo o tempo de detenção fundamental para a melhoria da qualidade da água. A água de reuso torna-se uma alternativa relevante e sustentável para uso na agricultura da região Semiárida Brasileira. Essa tecnologia alternativa promove a redução da poluição do meio ambiente, como rios e solos, proporcionando maior disponibilidade de água para irrigação ou fertilização (biofertilizante) de culturas forrageiras e frutíferas, como cactáceas, gramíneas, palma, acerola e umbu, possibilitando a alimentação para animais e o desenvolvimento econômico (Sandri *et al.*, 2007).

Ressalta-se que a ação antrópica exercida no solo através das práticas agrícolas inadequadas afeta em maior ou menor grau os atributos físicos, químicos e biológicos do solo. A aplicação de efluentes/biofertilizante melhora a qualidade edáfica em áreas agrícolas, devido aos nutrientes que favorecem o crescimento vegetal.

A implantação do sistema de fossa biodigestora no meio rural, coopera com a disseminação de práticas sustentáveis que auxiliam na permanência dos agricultores em suas localidades, colaborando com a convivência no Semiárido. Esta ação teve caráter educativo, pois possibilitou a produção e distribuição de cartilhas entre os agricultores da comunidade rural em Boa Vista.

Esse projeto inovador com o tratamento do esgoto sanitário e uso do sistema de fossa biodigestora, utilizados para a melhoria da qualidade dos efluentes, reduziu o excesso de nutrientes, produzindo fitomassa irrigada pelo composto, sendo usada como condicionador do solo, incrementando a matéria orgânica de solos agrícolas, que em geral é baixa no Semiárido Brasileiro.

Diante do exposto, o objetivo geral da pesquisa foi avaliar a tecnologia ou sistema para tratamento de esgoto doméstico, fossa biodigestora, visando o reuso da água como efluente (biofertilizante) na produção de palma forrageira na comunidade rural do Sítio Bravo, em Boa Vista no Estado da Paraíba.

Os objetivos específicos foram: a) Realizar estudos teóricos-conceituais e aplicados sobre o reuso da água para fins agrícolas; b) Acompanhar o funcionamento do sistema de tratamento de fossa biodigestora; c) Avaliar as características físico-químicas de águas servidas provenientes de esgoto doméstico, sistema de fossa biodigestora, no meio rural; d) Avaliar o efeito da aplicação da água tratada (biofertilizante) na biométrica e produtividade das culturas utilizadas na unidade piloto; e e) Avaliar o efeito da aplicação da água tratada (biofertilizante) nos atributos físicos, químicos e na atividade microbológica do solo.

## **REFERENCIAL TEÓRICO-CONCEITUAL**

O aumento crescente e acelerado da demanda pelos recursos hídricos tem se evidenciado principalmente pelo crescimento populacional, pelo consumo na produção industrial, geração de energia e produção agrícola, entre outras atividades (Quandique e Morais, 2012).

Christofidís (2003) estimou que em 2025 três bilhões de pessoas serão afetadas pela escassez de recursos hídricos, cuja disponibilidade será inferior a 1.700 m<sup>3</sup>/ha/ano. Entretanto, a população mundial já ultrapassou em 2018 os 7,6 bilhões de pessoas e segundo a Organização

Das Nações Unidas, em 2100, a população mundial chegará a 11,2 bilhões (ONU, 2017 apud Christofidis, op. cit.). Este aumento eleva sobremaneira a demanda por água e alimento, logo: o uso eficiente, a redução de perdas e o reúso de água, são fundamentais para viabilizar e sustentar as atividades humanas, o meio ambiente e os recursos naturais.

No nível global, a escassez e a contaminação comprometem os mananciais e a disponibilidade de água. Uma vez que somente 0,6% da água do planeta é de água doce própria para consumo. Destes, somente 1,5% se encontra na superfície, em lagos e rios, de fácil acesso, mas o restante está no subsolo (Guimarães e Maniero, 2012). No Brasil, um país de dimensão continental e localizado na região tropical, a disponibilidade em recursos hídricos é desigual, uma vez que na Amazônia está concentrada a maior parte da reserva hídrica do país, enquanto nas regiões mais povoadas esta disponibilidade é menor, como são os exemplos das regiões Sudeste e Sul, ou até crítica como é o caso da região Nordeste, que dispõe da menor reserva hídrica nacional.

A gestão, sustentabilidade e o uso racional da água têm gerado um complexo planejamento sobre a melhor forma de aproveitamento, principalmente na região Nordeste que apresenta índices pluviométricos irregulares, escassez de água, sendo um problema corriqueiro a ser solucionado. As ações de gestão devem ser fundamentadas em identificar, explorar e desenvolver iniciativas eficientes, que promovam a sustentabilidade e conservação da água e seu uso de forma adequada (Salati e Lemos, 2002; Baracuhy *et al.*, 2015).

As secas têm provocado impactos na vida da região do Semiárido Brasileiro. A última seca, período de 2012-2017, provocou uma perda próxima de 40% do rebanho da Paraíba, de acordo com dados da Federação da Agricultura e Pecuária da Paraíba. Segundo dados da FAEPA, as maiores perdas desse rebanho ocorreram no período de um ano e meio, partir de 2012, ou seja, até por volta de meados do ano de 2013,



quando parte desses animais morreu, foram levados para o abate fora do peso ideal ou foi enviada para outros Estados menos atingidos pela seca (Faepa, 2016 apud Medeiros e Brito, 2017).

O Governo do Estado da Paraíba decretou, no dia 02 de outubro de 2017, por meio do Decreto nº 37.688, publicado no Diário Oficial do Estado, nº 16.468, de 3 de outubro de 2017, o estado de emergência em 196 municípios devido à ausência de precipitações que gerasse escoamento superficial suficiente para prover a recarga dos reservatórios superficiais para fins de abastecimento humano, onde 30 municípios estão em situação de colapso, ou seja, com abastecimento de água fornecido por meio da operação carro pipa (Medeiros e Brito, 2017).

A escassez de água tem levado à implantação de projetos de desenvolvimento no semiárido que têm como desafio a busca de alternativas de convivência com a seca, para melhorar a qualidade de vida do produtor rural. Neste sentido, as águas servidas ou cinzas, aquelas que provêm do uso de chuveiro, pia, lavatório, tanque e máquina de lavar roupas, são passíveis de reuso, destinando-os principalmente para irrigação, lavagem de pisos e descargas sanitárias.

O tratamento de água de reuso torna-se uma alternativa relevante e sustentável para a irrigação na agricultura do Semiárido Brasileiro, uma vez que o reuso da água pode ser justificada pela redução da poluição do meio ambiente, como dos rios e solos, e proporciona maior disponibilidade de água para irrigação de culturas forrageiras e frutíferas, como cactáceas, gramíneas, palma, acerola e umbu, possibilitando a alimentação dos animais e o desenvolvimento econômico para a região (Sandri *et al.*, 2007). Além disso, o reuso de efluentes parcialmente ou totalmente tratados na irrigação de cultivos agrícolas e/ou florestal, ao invés de lançá-los na natureza, tem se tornado uma alternativa em rápida expansão em zonas áridas e semiáridas (Baracuh et al., 2015).

Outro ponto relevante é a qualidade edáfica das áreas agrícolas quando tratadas com água residuária. O solo, como um sistema aberto,

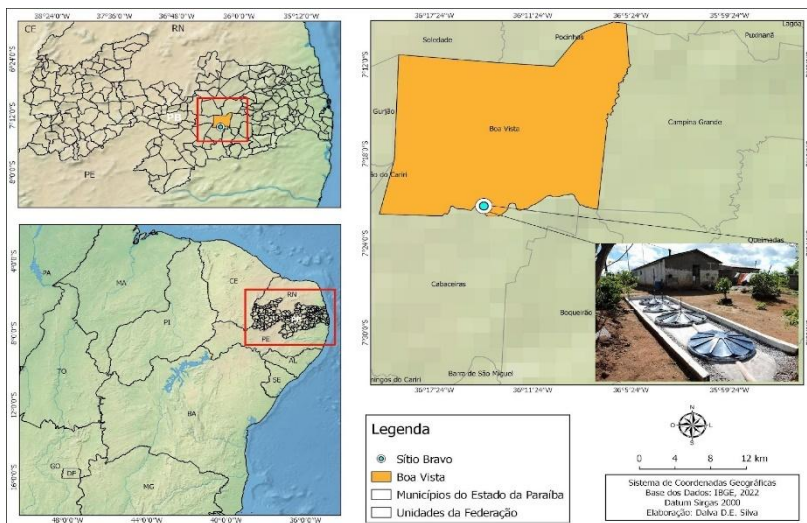
é facilmente modificado de acordo com seu uso. A ação antrópica exercida no solo através das práticas agrícolas afeta em maior ou menor grau os atributos físicos, químicos e biológicos do solo. Dessa forma, a aplicação de água cinza pode promover alterações nos atributos físicos do solo, químicos e biológicos do solo, as quais podem favorecer ou interferir no crescimento vegetal e na qualidade do solo.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **ÁREA DE PESQUISA**

A comunidade Sítio Bravo localiza-se no município de Boa Vista-PB, no Semiárido Brasileiro (Figura 1). Essa localidade é formada por várias famílias e tem uma população estimada em aproximadamente 200 moradores. As principais atividades desenvolvidas pelos moradores estão relacionadas a criação de bovinos, ovinos, caprinos e a agricultura de subsistência, como milho e feijão, além de plantas forrageiras destacando-se a palma. A comunidade local conta com um poço artesiano, que abastece os habitantes com água dessalinizada por um sistema de membranas.

FIGURA 1 - LOCALIZAÇÃO DO SÍTIO BRAVO, ONDE FOI INSTALADO O SISTEMA DE FOSSA BIODIGESTORA.



Fonte: IBGE (2022).

## PROCEDIMENTOS E SISTEMA DE FOSSA BIODIGESTORA PARA TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO

O sistema de tratamento de esgoto sanitário, do tipo fossa biodigestora, é composto por três caixas coletoras de 1.000 litros cada uma, que ficam enterradas no solo e funcionam conectadas exclusivamente ao vaso sanitário e são interligadas entre si por tubos e conexões de PVC.

Segundo Brito (2009), este modelo é padrão para uma família de até cinco pessoas, que produz em média 50 litros de resíduos/dia, que, quando lançados na fossa biodigestora, dará um total de 1500 litros/mês.

Para a colocação das três caixas coletoras, foi realizada escavação no solo com 5,0m de comprimento, 1,5m de largura e 0,8m de

profundidade; mas pode haver alguma variação em relação a estas dimensões, de acordo com as dimensões das caixas d'água e desnível natural do terreno.

As caixas usadas para a montagem do sistema de fossas devem apresentar as seguintes perfurações: As duas primeiras caixas devem conter um furo de entrada e um furo de saída, ambos no topo, cada um com 100 milímetros de diâmetro. A fossa séptica tem duas chaminés de alívio colocadas na tampa das duas primeiras caixas para a descarga do gás acumulado; a última caixa deve conter o furo de entrada no topo e o furo de saída na base, sendo que esse último deve apresentar diâmetro de 50 milímetros. Esse último furo não deve ser feito quando não houver o desnível do terreno. Nesse caso, o biofertilizante será retirado pela tampa com o uso de balde ou outro utensílio.

As caixas são enterradas e vedadas para assegurar a manutenção de alta temperatura no interior. Mas as tampas ficam expostas. A colocação das caixas deve obedecer às seguintes características: A distância mínima entre as caixas deve ser de 50 centímetros. As bordas superiores das caixas devem ficar no mínimo 5 centímetros acima do nível do solo.

A ligação do esgoto sanitário à primeira caixa deve ser realizada utilizando um tubo de PVC de 100 milímetros. Essa deve ser a única ligação da fossa com a casa e só deve ser feita após a conclusão da preparação das três caixas. Por isso, não se deve conectar a tubulação da fossa ao esgoto de pias da cozinha, dos banheiros, do tanque, do chuveiro e da máquina de lavar roupa.

Antes da primeira caixa, deve-se instalar uma válvula de retenção. Nela deve ser despejada, uma vez por mês, a mistura de 10 litros de água e 10 litros de esterco fresco de bovino ou de outro animal ruminante, a exemplo de cabras e ovelhas. Pela válvula de retenção, a mistura irá seguir para a primeira caixa, onde fermenta e destrói cerca de 70% dos micróbios e vermes existentes nos dejetos. Os outros 30% são eliminados na segunda caixa. Em consequência, é liberado um gás.

Por isso, são instaladas nessa e na segunda caixa válvulas de escape (suspiros) para evitar a explosão do gás metano acumulado no interior delas. Para avaliar a eficiência e funcionamento do sistema será realizado o monitoramento através de análises físico-químicas e microbiológicas.

## METODOLOGIA PARA A ANÁLISE DO CRESCIMENTO DA PALMA

Para análise do crescimento da palma (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.) foram montados 02 experimentos (denominados A e B), contendo amostras desta planta. O experimento A mediu 2,50m x 2,50m, englobando 10 plantas de palma enumeradas de 1 a 10, sendo escolhido para receber o biofertilizante oriundo da fossa biodigestora. Além de receber o efluente por canalização diretamente da fossa biodigestora, também foi realizada irrigação manual com 10 litros de efluente distribuídos equitativamente entre as plantas com frequência de 1 vez por semana.

O experimento B também mediu 2,50m x 2,50m, com o total de 10 plantas de palma enumeradas de 11 a 20, tendo sido escolhido como experimento controle, ou seja, não recebeu o biofertilizante durante o período de análise. A contagem dos cladódios (raquetes e brotos de folhas novas) foi realizada mensalmente no período correspondente aos meses de fevereiro a junho de 2023.

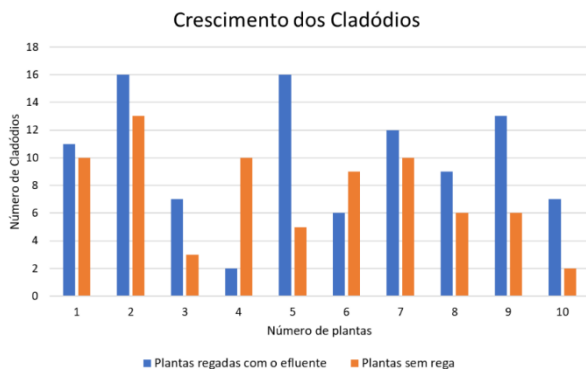
Ambos os experimentos foram cercados com tela tipo pinteiro, medindo aproximadamente 1,20m de altura, para prevenção contra a entrada de bovinos, equinos, caprinos, galináceos e roedores presentes na propriedade rural.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A palma foi uma das culturas avaliadas para análise da eficácia do sistema de fossa biodigestora. Essa avaliação ocorreu por meio do acompanhamento do crescimento das palmas irrigadas com o efluente tratado. Nesse sentido, levou-se em consideração o afloramento do broto de folhas novas, cladódios, naquelas palmas em que foi utilizado o biofertilizante, bem como nas que não foram irrigadas (experimento A e B), com o objetivo de comparação entre elas.

A Figura 2 mostra a comparação entre o crescimento de cladódios nas palmas irrigadas de acordo com os experimentos A e B. As colunas azuis representam as plantas numeradas de 1 a 10 no experimento A, enquanto as colunas em laranja evidenciam as plantas numeradas de 11 a 20 no experimento B.

FIGURA 2 – CRESCIMENTO DE NOVOS BROTOS DE FOLHAS NAS PALMAS (CLADÓDIOS).



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

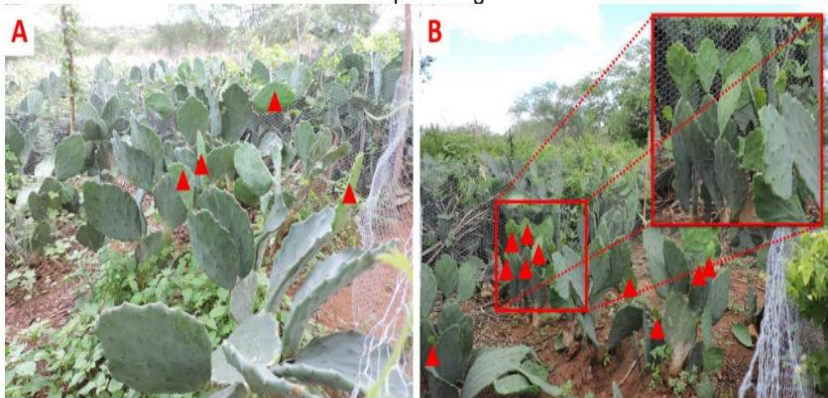
Observou-se que oito das dez plantas regadas com o efluente tratado apresentaram um maior número de novos cladódios em comparação com as não regadas. As plantas dois e cinco do experimento A mostraram um crescimento mais significativo em brotações de novas folhas, atingindo um total de 16 cladódios. O menor crescimento registrado entre as plantas do experimento A foi apenas dois cladódios na planta número quatro.

Entre as plantas do experimento B, o maior crescimento foi observado na planta número 12, com 13 cladódios. Já o menor crescimento foi registrado na planta número 20, com apenas dois cladódios. De maneira geral, o crescimento das plantas demonstrou melhor desempenho no experimento A, indicando que a irrigação das palmas com efluente tratado desempenhou um papel crucial na fertilização do solo e consequentemente no desenvolvimento de novas folhas (Figura 3). As plantas do experimento A apresentaram um aumento de crescimento de 33,8% em relação às do experimento B.

Verificou-se que a presença de nutrientes no efluente utilizado resultou no crescimento mais acelerado das palmas, se comparado ao que não recebeu o biofertilizante. De acordo com Costa e Guilhoto (2024, p. 55), ao estudarem a fossa biodigestora, o processo anaeróbio “não elimina os elementos químicos em solução que podem ser aproveitados na adubação de lavouras com economia no uso de fertilizantes”.

Entre os nutrientes presentes no biofertilizante está o potássio, que é um macronutriente essencial para as plantas, visto que é responsável por aumentar a capacidade de resistir aos insetos como a Cochonilha, ao estresse do frio e da seca, entre outros. Além disso, ajuda no desenvolvimento e fortalecimento do sistema radicular tornando-o ainda mais saudável, favorecendo sua performance ao absorver nitrogênio e outras substâncias (IPI, 2013).

FIGURA 3 - CRESCIMENTO DA PALMA FORRAGEIRA NOS EXPERIMENTOS A E B COM INDICAÇÃO DE CLADÓDIOS NOVOS POR TRIÂNGULOS VERMELHOS.



(A) Cladódios novos em palmas do experimento A;

(B) Cladódios novos em palmas do experimento B.

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

No que concerne ao Fósforo, o excesso deste elemento no biofertilizante não apresenta impedimento para sua aplicação na plantação de palma, visto que é prontamente absorvido pelas plantas, contribuindo para o aprimoramento da produção agrícola. Entretanto, é pertinente ressaltar a potencial nocividade da presença exacerbada de Fósforo em corpos d'água, como rios, lagos e reservatórios, pois o excesso desse nutriente pode gerar o crescimento descontrolado de plantas aquáticas, resultando na redução do teor de oxigênio dissolvido na água e consequente a mortandade de peixes.

Os Nitritos e Nitratos, conforme observado em análise, encontram-se em níveis adequados para promover uma nutrição satisfatória das plantas, desempenhando papel fundamental no desenvolvimento de novos cladódios nas plantas irrigadas no experimento A. Os teores de



amônia evidenciam a qualidade do efluente utilizado e seu potencial nutritivo para as plantas. A incorporação de esterco bovino no processo anaeróbico exerce influência no conteúdo de Amônia detectado no efluente final, sendo importante no crescimento observado nas plantas.

Quanto à microbiologia, os níveis de *Escherichia coli* (*E. coli*) estão em conformidade com as diretrizes estabelecidas pela Resolução CONAMA nº 357/2005, não acarretando danos significativos à utilização do efluente para irrigação das palmas. Embora, os resultados da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) tenham excedido os valores recomendados, não se configuram como um fator limitante para o uso agrícola, pois não é empregado em sistema de irrigação suscetível a possíveis obstruções.

## ANÁLISES DO EFLUENTE

Os resultados dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos analisados estão dispostos na Tabela 1. Dentre os principais parâmetros físico-químicos destaca-se a importância do Potássio, do Fósforo, do Nitrito, do Nitrato e da Amônia, por terem influência mais significativa no crescimento da palma.

TABELA 1 - PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA E RESULTADOS OBTIDOS.

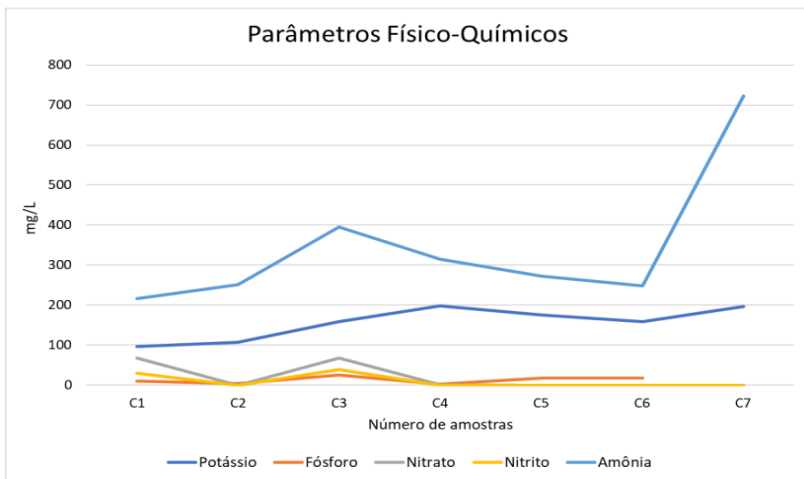
PARÂMETROS ANALISADOS	COLETA 1 07/07/2022	COLETA 2 04/08/2022	COLETA 3 02/09/2022	COLETA 4 14/10/2022	COLETA 5 11/11/2022	COLETA 6 12/12/2022	COLETA 7 23/07/2023	VMP (**)	RESOLUÇÃO CO- NAMA 357/2005 e 430/2011
Condutividade Elétrica, µmho/cm a 25 °C	2.960,0 (2,96dS/m)	3.430,0 (3,43dS/m)	3.730,0 (3,73dS/m)	3.840,0 (3,84dS/m)	3.460,0 (3,46dS/m)	3.350,0 (3,35dS/m)	5.730,0 (5,73dS/m)	Não estipulado	---
Potencial Hidrogeniônico, pH a 24,0°C	8,4	8,3	8,9	8,4	8,6	8,1	9,0	5,0 a 9,0	6,0 a 9,0
Turbidez, (uT)	21,6	20,8	49,6	38,6	38,7	36,2	98,3	---	até 100 UNT
Cor, Unidade Hazen (mg Pt-Co/L).	287,0	418,0	637,0	681,0	696,0	646,0	649,0	---	até 75 mg Pt/L
Sódio (Na <sup>+</sup> ), mg/L	---	303,2	223,0	327,7	337,4	326,4	508,6	Não estipulado	---
Potássio (K <sup>+</sup> ), mg/L	96,4	106,9	158,5	198,6	175,7	159,7	196,7	Não estipulado	---
Fósforo Total, mg/L	11,2	3,8	25,2	2,2	18,5	17,6	Não realizado	---	0,05 (ambiente lêntico)
Nitrato (N-NO <sub>3</sub> ), mg/L	67,40	0,40	68,3	0,78	0,67	0,52	0,30	---	10
Nítrito (N-NO <sub>2</sub> ), mg/L	30,837	0,082	38,9	0,154	0,125	0,129	0,037	---	1
Amônia (N-NH <sub>3</sub> ), mg/L	216,53	252,10	395,9	315,6	272,38	248,21	722,14	20,0	2,2 (8 <pH≤8,5)
Dureza em Cálcio (Ca <sup>2+</sup> ), mg/L	---	98,4	79,2	Não realizado	54,4	48,3	33,6	Não estipulado	---
Dureza em Magnésio (Mg <sup>2+</sup> ), mg/L	---	49,0	49,9	48,5	54,7	51,7	10,6	Não estipulado	---
Dureza Total (CaCO <sub>3</sub> ), mg/L	---	450,0	406,0	Não realizado	Não realizado	Não realizado	128,0	Não estipulado	---
***Coliformes Totais (NMP/100 mL) (*)	3,97E+03	1,01E+04	5,01E+04	4,16E+03	4,16E+04	3,11E+04	2,02E+03		Até 4,00E+03 col (TT) / 100 mL
***Escherichia Coli (E. coli) (NMP/100 mL) (*)	2,33E+02	4,10E+01	2,81E+03	2,00E+03	7,30E+02	6,10E+02	1,23E+03	Não estipulado	4,00E+03
DBO <sub>5</sub> (mg de O <sub>2</sub> /L)	46,8	48,0	37,3	57,4	45,0	38,0	120		até 10 mg/L O <sub>2</sub>

Fonte: LABDES/UFMG (adaptado pelo autor); (\*) NMP – Número Mais Provável; (\*\*) VMP - Valor Máximo Permissível ou recomendável pela Legislação Brasileira - Resoluções CONAMA n° 357/2005 e 430/2011 (BRASIL, 2005; BRASIL, 2011); (\*\*\*) Dados de Coliformes Totais e E. coli expressos em notação científica através do Microsoft

Excel. As expressões (E+01, E+02, E+03, E+04) representam o número exponencial em potência de 10.

A variação dos níveis desses parâmetros entre as amostras analisadas está representada na Figura 4.

FIGURA 4 - VARIAÇÃO DOS NÍVEIS DE POTÁSSIO, FÓSFORO, NITRATO, NITRITO E AMÔNIA POR AMOSTRA ANALISADA.



Fonte: Elaborado pelos autores a partir dos laudos laboratoriais/ LABDES/UFCCG (2024).

Os níveis de Potássio nas amostras de águas coletadas na fossa biodigestora variaram de 96,4 mg/L a 196,7 mg/L entre a primeira e a última coleta. Esses valores são considerados ótimos para a fertilidade do solo e, conseqüentemente, para o crescimento da palma. De acordo com Faustino (2007), aportes de Potássio na manutenção de solos através do uso de efluentes de fossa biodigestora pode reduzir, consideravelmente, a necessidade de adubagem com fertilizantes NPK em pelo menos 2/3, a depender das condições de solo encontradas.

No tocante aos níveis de Fósforo, a Resolução nº 357/2005 do CONAMA (Brasil, 2005) estabelece valores máximos toleráveis de Fósforo total de acordo com o ambiente, sendo 0,05 mg/L para ambientes lênticos, 0,075 mg/L para ambientes intermediários e 0,15 mg/L para ambientes lóticos. Observando os valores obtidos do efluente para o teor de Fósforo, têm-se uma variação de 11,2 mg/L a 17,6 mg/L entre a primeira e a última coleta, tendo atingido o máximo de 25,2 mg/L na terceira coleta. O valor médio para esse parâmetro foi de 13,04 mg/L. Tomando por base estes valores e a média registrada para o Fósforo, a fossa séptica estudada possui uma carga mais de 100 vezes maior que a preconizada pela resolução.

Para os nitritos e os nitratos, como se vê na Tabela 2 e no Gráfico 1, os teores oscilaram abaixo de 1 mg/L em cinco das sete amostras, apresentando 2 picos sobressalentes em C1 e C3. Esses valores estão dentro da margem de 13 qualidade da Resolução 357/2005 do CONAMA (Brasil, 2005), que estabelece como padrão para águas de classe 3, incluídas as fossas biodigestoras, os valores máximos de 1 mg/L para Nitritos e 10 mg/L para Nitratos.

Os valores de Amônia oscilaram entre 216,53 mg/L e 722,14 mg/L da primeira para a última coleta. Estes valores se encontram equiparados com o estudo de Faustino (*op. cit.*) que encontrou oscilação entre 269 mg/L a 592 mg/L. Para este autor, em conformidade com Von Sperling (1996) e Novaes (2001), altos valores de Amônia no efluente podem estar relacionados com a qualidade de esterco animal inoculada, condições de temperatura da fossa biodigestora, hábitos alimentares da residência, teor de flora bacteriana degradante da matéria orgânica para formação de Amônia.

No tocante a análise microbiológica, de acordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005, os padrões estabelecidos para presença de microrganismos nas águas servidas obedecem a parâmetros numéricos de aceitabilidade para os coliformes termotolerantes, não devendo-se

exceder um limite de 4000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de, pelo menos, 6 amostras coletadas durante o período de um ano, com periodicidade bimestral. A *Escherichia coli* (*E. coli*) poderá ser determinada em substituição ao parâmetro ‘coliformes termotolerantes’ de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente.

Neste contexto, ao analisar a Tabela 2, observa-se que as amostras coletadas na última caixa excederam os parâmetros preconizados pela Resolução CONAMA 430/2011 para Coliformes Totais (4,00E+03 NMP/100mL) nas amostras C2 (1,01E+04), C3 (5,01E+04), C5 (4,16E+04) e C6 (3,11E+04). Não obstante, a contagem de *Escherichia coli* manteve-se com pouca variação tendo sua menor contagem em C2 (4,10E+01) e a maior em C3 (2,81E+03).

Parâmetros estipulados pela Organização Mundial de Saúde (OMS) toleram amostras de fossas biodigestoras com resultados de *E. coli* até 1E+7 para águas servidas pelas técnicas de tratamento com reduzida capacidade de remoção de patógenos, confirmando a fossa em estudo em conformidade para uso agrícola com segurança (BRASIL, 2011; Oliveira, 2018).

Quanto à Demanda Bioquímica de Oxigênio, a análise da Tabela 2 demonstra as oscilações da DBO5 de acordo com as coletas realizadas na fossa biodigestora. Observa-se certo grau de estabilização entre C1 (46,8 mg O2/L) e C6 (38 mg O2/L), 14 com pico em C7 (120 mgO2/L), com valor de média de 56,07 (mg O2/L), bem acima do estipulado pela Resolução 430/2011 do CONAMA, que prevê valores aceitáveis abaixo de 10 (mg O2/L).

Em estudo semelhante a este, Andrade *et al.* (2022) encontraram valores de média próximos aos encontrados neste estudo (47,41 mg O2/L), também acima do valor máximo permitido (VMP), no entanto, os autores alegam que valores até 100 (mg O2/L) não alteram os mecanismos de absorção de água pelas plantas e que este efluente pode ser

utilizado em culturas de palma forrageira com segurança pelo fato do despejo ocorrer diretamente no solo, não necessitando de contato humano para irrigação.

Diante do exposto, o sistema de fossa biodigestora pode ser uma solução prática e eficiente para os desafios do saneamento do Sítio Bravo, mas também um catalisador de mudança positiva. Ao adotar esse sistema, foi observado uma melhor qualidade na produção agrícola principalmente de palmas, além de promover a redução de doenças relacionadas à falta ou inexistência do saneamento rural, a preservação dos recursos naturais e o estímulo ao desenvolvimento sustentável.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Diante dos resultados apresentados, a análise que se fez do sistema de fossa biodigestora em relação ao seu potencial na produção de biofertilizante para a irrigação de palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.) mostrou um efluente de boa qualidade no que concerne os parâmetros analisados, estando apto para a irrigação das plantas, contribuindo assim para a aceleração do crescimento de novos cladódios em relação às plantações normais verificadas na região; ou seja, 17 em relação às plantas que não recebem o biofertilizante. Nesse sentido, o sistema em funcionamento na comunidade do Sítio Bravo contribuiu com a qualidade de vida da comunidade, reduzindo os impactos ambientais e sociais, e fortalecendo a economia local.

De forma sucinta, entre os resultados alcançados pela pesquisa pode-se elencar:

a) implantação dos sistemas de tratamento e reuso de águas cinzas permitiram o aproveitamento das águas antes despejadas no ambiente sem aproveitamento;

b) sistema de irrigação eficiente para a aplicação de água servida, após tratamento simplificado, propiciou maior disponibilidade de água

para o desenvolvimento de atividade agropecuária, aumentando a produtividade da palma;

c) A aplicação da água servida, tratada na biometria e produtividade das culturas utilizadas na unidade de tratamento proporcionou o controle dos efeitos e mensuração da produtividade agropecuária, que aumentou, segundo estudos já realizados por outros pesquisadores e que foi uma hipótese testada e validada;

d) A avaliação do efeito da aplicação da água servida tratada nos atributos físicos, químicos e na atividade microbiológica do solo permitiu gerar resultados satisfatório para a produção agrícola;

e) Os sistemas de tratamento das águas geraram novos conhecimentos e atendeu aos padrões de lançamento dos efluentes, mitigando ou anulando os impactos nos corpos hídricos e nos solos.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (PIBITI/UFPG); também a fundação de Apoio à Pesquisa do Estado da Paraíba - FAPESQ-PB pelo financiamento do Projeto de Pesquisa intitulado Reuso da água proveniente de esgoto doméstico tratado para a produção agrícola em comunidades rurais, EDITAL N° 21/2020 - SEECT/FAPESC/PB- Apoio ao Financiamento da Carteira de Projetos do Centro de Desenvolvimento Regional da Paraíba (CDR-PB).

## **REFERÊNCIAS**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT.  
**Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e**

**disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação.** Rio de Janeiro: ABNT: NBR 13969, set. 1997. 60 p.

APHA - American Public Health Association New York. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.** Ed. New York, 1999.

BARACUHY, V. S.; PEREIRA, J. P. G.; FERREIRA, A. C.; SILVA, V. F.; NICOLA, S. Qualidade das águas cinza tratada com fitorremediação em unidades de produção agrícola. **Revista Verde** (Pombal - PB - Brasil), v. 10, n.1, p. 187-192, jan-mar, 2015.

BRITO, J. Fossa Séptica Biodigestora: uma Opção Viável e Economicamente Sustentável. **Revista Brasileira de Agroecologia, Emater**, vl. 4, n. 2, nov., 2009.

CHRISTOFIDIS, D. Água, ética, segurança alimentar e sustentabilidade ambiental. **Bahia: Análise & Dados, Salvador**, v. 13, n. Especial, p. 371-382, 2003.

COSTA, C. C; GUILHOTO, J. J. M. Saneamento rural no Brasil: Impacto da fossa biodigestora. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 19, p. 51-60, 2014.

EMBRAPA. **Governo adota fossa séptica biodigestora desenvolvida na Embrapa como política pública.** Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-denoticias/-/noticia/23030934/governo-adota-fossa-septica-biodigestoradesenvolvida-na-embrapa-como-politica-publica>. Acesso em: 05 abr. 2018.



GUIMARÃES, J. R.; MANIERO, M. G. **Tratamento de água e efluentes líquidos**. In: Meio Ambiente e sustentabilidade/ André Henrique Rosa, Leonardo Fernandes Fraceto, Viviane Moschi-Carlos (orgs.). Porto Alegre: Bookman, 2012. p. 322-345.

IPI - Instituto Internacional do Potássio. **Potássio, o elemento da qualidade na produção agrícola**. 2013. Disponível em: [https://www.nutricaoeplantas.agr.br/site/downloads/unesp\\_jaboticabal/qualidade\\_boklet\\_portuegese\\_web.pdf](https://www.nutricaoeplantas.agr.br/site/downloads/unesp_jaboticabal/qualidade_boklet_portuegese_web.pdf) Acesso em: 28 set. 2023.

LIMA, S.M.S. Qualidade sanitária de efluentes tratados para reuso agrícola. **Revista Saúde e Ambiente**, v.6, n.2, p.32-39, 2005.

MEDEIROS, A. M. M.; BRITO, A. C. A seca no Estado da Paraíba – Impactos e ações de Resiliência. **Parcerias Estratégicas. Brasília-DF**, v. 22, n. 44, p. 139-154, jan-jun, 2017.

NOVAES, A. P. **Utilização de uma Fossa Séptica Biodigestora para Melhoria do Saneamento Rural e Desenvolvimento da Agricultura Orgânica**. São Carlos: Embrapa, 2002.

QUANDIQUE, M. E. G; MORAIS, L. C. **Recursos hídricos e indicadores hidrológicos**. In: Meio ambiente e sustentabilidade/André Henrique Rosa, Leonardo Fernandes Fraceto, Viviane Moschi-Carlos(orgs.). Porto Alegre: Bookman, 2012. p. 103-125.

SALATI, E; LEMOS, H. M. **Água e o desenvolvimento sustentável**. In: INTERNACIONAL CYTED XVII, 2002, Salvador, BA. Resumos. Salvador.

SANDRI, D; MATSURA, E. E; TESTEZLAF, R. Desenvolvimento

da alface Elisa em diferentes sistemas de irrigação com água residuária. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 1, 2007. 17-29p.

# INDICADORES DE QUALIDADE QUÍMICA DE SOLO SALINO SÓDICO APÓS CULTIVO DE BETERRABA

---

*Maria Sallydelândia de Farias Araújo*

*Lílian de Queiroz Firmino*

*Mayra Gislayne Melo de Lima*

*Anna Rebeca Silva Nóbrega*

*André Alisson Rodrigues da Silva*

## INTRODUÇÃO

Dentre as características do semiárido brasileiro, destaca-se a irregularidade pluviométrica, o que torna a irrigação uma prática indispensável para o cultivo agrícola, as altas temperaturas e as altas taxas de evapotranspiração, sendo essas as principais causas do processo de salinização de solos nessa região (Lacerda *et al.*, 2022; Pereira *et al.*, 2021). Esse processo é resultante de características ambientais e/ou ações antrópicas, sendo definido como o acúmulo de íons solúveis nas camadas agricultáveis acarretando perda de fertilidade e produtividade dos solos, observados principalmente em regiões áridas e semiáridas (Castro *et al.*, 2021).

Dessa forma, além das características edafoclimáticas, os manejos inadequados podem favorecer o desenvolvimento ou o agravamento do processo de salinização dos solos, como, por exemplo, a utilização de águas com teores elevados de sais, a aplicação de excesso de água e a ausência do sistema de drenagem nas áreas de agricultura irrigada (Castro *et al.*, 2021; Tavares Filho *et al.*, 2020). Diante disso, compreende-se que nas regiões áridas e semiáridas é comum a ocorrência de solos

salinos e sódicos, sendo estes caracterizados pela presença de alta concentração de sais solúveis, sódio trocável ou ambos, em horizontes ou camadas superficiais (Melo *et al.*, 2022).

Nesse cenário, o conseqüente acúmulo de sais nos solos pode comprometer as funções fisiológicas e bioquímicas das plantas, além de causar alterações na absorção e utilização de nutrientes essenciais (Tavares Filho *et al.*, 2020). Logo, a presença de sais na água e/ou solo desencadeia alterações na planta que começam pela redução do potencial osmótico da solução do solo, restringindo a absorção de água e nutrientes, além de causar efeito tóxico de íons específicos, como sódio e cloreto, o que desencadeia desequilíbrios/impactos nutricionais (Lacerda *et al.*, 2022).

Portanto, é imprescindível a adoção de medidas remediadoras em áreas com problemas de salinização a fim de promover o retorno produtivo e o bom desenvolvimento das culturas agrícolas (Santos *et al.*, 2024). Nesse sentido, a fitorremediação se configura como uma alternativa promissora, devido aos baixos custos envolvidos e a facilidade de implantação, além de ser uma prática rentável e ecológica (Arthur *et al.*, 2022). Essa prática refere-se a uma tecnologia emergente que consiste na utilização de plantas para a remoção de contaminantes orgânicos e inorgânicos presentes no solo, podendo ser utilizada no controle dos processos erosivos, restauração ecológica, produção secundária de biomassa, energia e matéria-prima, e a negociação de créditos de carbono (Vasconcelo *et al.*, 2020; Morita e Moreno, 2022).

Diante disso, a seleção das plantas que são utilizadas no processo de fitorremediação é de extrema importância para o planejamento eficaz desse processo em solos salinos e/ou sódicos (Yadav *et al.*, 2023). Nessa seleção, busca-se plantas com características favoráveis, como alta produção de biomassa, crescimento rápido, adaptação a condições climáticas extremas, fácil estabelecimento, presença de raízes

profundas e densas, além de apresentar algum grau de tolerância à salinidade (Vasconcelo *et al.*, 2020).

Nesse contexto, a beterraba se apresenta como uma cultura agrícola promissora para a fitorremediação em solos com problemas de salinidade, pois possui boa adaptação ao excesso de sais e atua na extração de sais do solo (Arthur *et al.*, 2022; Guerra & Machado, 2022). Além disso, a beterraba (*Beta vulgaris* L.), pertencente à família Amaranthaceae, é uma importante cultura agrícola no mercado brasileiro, sendo cultivada extensivamente no Brasil, tendo sua demanda expandida no setor industrial devido à sua composição nutricional (Gadelha *et al.*, 2021; Franco *et al.*, 2021). Essa hortaliça possui grande quantidade de açúcares, de teores de sais minerais e de vitaminas A, B1, B2 e C, se destacando por apresentar altos valores nutricionais na dieta do consumidor (Gouvea *et al.*, 2020).

Contudo, apesar do potencial da beterraba como cultura fitorremediadora em solos salinos e/ou sódicos, poucas pesquisas são realizadas com o cultivo de beterraba em ambientes salinos. Deste modo, é fundamental estudar os efeitos do cultivo de beterraba nas características químicas de solos afetados por sais. Portanto, o presente estudo foi desenvolvido com o objetivo de investigar as alterações químicas de um solo após o cultivo de beterraba.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O estudo foi conduzido em ambiente protegido, do tipo Casa de vegetação, pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola (UAEA), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), no Campus I, situado em Campina Grande, Paraíba, Brasil. Localizado na mesorregião do Agreste da Borborema e na microrregião de Campina Grande, o município apresenta latitude de 07°13' Sul e longitude de 35°53', estando a uma altitude de 547,6 m acima do nível do mar, com

clima do tipo BSh, de acordo com a classificação de Köppen, possui regime de precipitação pertencente ao setor Leste da Paraíba, presença de chuvas de pré-estação no mês de março e período chuvoso no mês de abril, sendo observado nos meses de maio, junho e julho o trimestre mais chuvoso, conforme Medeiros *et al.* (2021).

FIGURA 1 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL NO CAMPUS I DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE (UFCG).



Fonte: Google Earth (2024).

Na área experimental foi realizada durante 90 dias, o cultivo de beterrabas a partir de sementes do tipo Early Wonder Super Tall Top, da marca Topseed® plantadas em vasos plásticos com capacidade de 4 L, contendo uma camada de 1 kg de brita nº zero na base e 3 kg de solo classificado como salino sódico e de textura franco arenoso, devidamente destorroado, proveniente do Perímetro Irrigado de São Gonçalo – PB. Antes do semeio e ao final do experimento foram realizadas análises químicas do solo no Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS), na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), no Campus de Campina Grande – PB. Os parâmetros químicos determinados incluíram: Cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), Magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ), Sódio ( $\text{Na}^+$ ), Potássio ( $\text{K}^+$ ), Hidrogênio ( $\text{H}^+$ ), Alumínio ( $\text{Al}^{+3}$ ), Potencial Hidrogeniônico (pH),

Condutividade Elétrica (CE), Matéria Orgânica (MO), Soma de Bases (SB), Capacidade de troca de cátions (CTC), Relação de absorção de sódio (RAS) e Classe do solo (Embrapa, 1997). Posteriormente, os parâmetros químicos obtidos foram comparados, analisados e classificados conforme a literatura existente.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Analisando os parâmetros químicos disponíveis na Tabela 1, é possível analisar os parâmetros químicos do solo antes e após o cultivo da beterraba. Sendo possível observar uma redução notável na concentração de Cálcio, passando de  $7,37 \text{ cmolc.kg}^{-1}$  antes do cultivo para  $2,86 \text{ cmolc.kg}^{-1}$  após o cultivo da beterraba, fato que pode ser atribuído a diversos fatores, como absorção pelas plantas, lixiviação, interação com outros íons, entre outros. Conforme Silva *et al.* (2023) o Cálcio (Ca) é um macronutriente indispensável para o crescimento e desenvolvimento das plantas, que desempenha funções bioquímicas importantes, sendo componente essencial da lamela média nas paredes celulares e atuante como cofator em várias enzimas que participam da hidrólise de ATP e fosfolipídios.

TABELA 1- CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO SOLO ANTES E APÓS O CULTIVO DE BETERRABA, EM UM EXPERIMENTO DESENVOLVIDO NA UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE – PB.

Parâmetro	Unidade	Antes do cultivo	Após o cultivo
Cálcio	cmolc.kg <sup>-1</sup>	7,37	2,86
Magnésio	cmolc.kg <sup>-1</sup>	3,04	3,24
Sódio	cmolc.kg <sup>-1</sup>	3,78	0,57
Potássio	cmolc.kg <sup>-1</sup>	0,2	0,36
Enxofre	cmolc.kg <sup>-1</sup>	14,39	7,03
Hidrogênio	cmolc.kg <sup>-1</sup>	0	1,33
Alumínio	cmolc.kg <sup>-1</sup>	0	0,15
Soma de Bases	cmolc.kg <sup>-1</sup>	14,39	8,51
Carbonato de Cálcio Qualitativo	-	Ausência	Ausência
Carbono Orgânico	g.kg <sup>-1</sup>	0,08	4,13
Matéria Orgânica	g.kg <sup>-1</sup>	0,14	7,12
Nitrogênio	g.kg <sup>-1</sup>	0,01	0,21
Fósforo Assimilável	g.kg <sup>-1</sup>	5,18	58,81
pH H <sub>2</sub> O (1:2,5)	-	6,87	5,36
Cond. Elétrica (Suspensão Solo-Água)	mmhos.cm <sup>-1</sup>	1,19	0,53
Classe do Solo	-	Salino Sódico	Normal

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Com base nos resultados obtidos (Tabela 1) é possível observar um aumento nos níveis de Magnésio no solo, de 3,04 cmolc.kg<sup>-1</sup> antes do cultivo de beterraba para 3,24 cmolc.kg<sup>-1</sup> após o cultivo. Embora tenha havido uma discreta variação, pode-se inferir que o cultivo da beterraba



influenciou positivamente na disponibilidade desse nutriente no solo, possivelmente devido à dinâmica de absorção e liberação de magnésio pelas plantas durante o ciclo de cultivo. De acordo com Chaves *et al.* (2022) o Magnésio é altamente importante para o desenvolvimento das culturas uma vez que contribui para o metabolismo das plantas. Fernandes (2006) destaca a importância do Magnésio ( $Mg^{2+}$ ) para as plantas, ressaltando que sua principal função está relacionada à interação com ligantes nucleofílicos, através de ligações iônicas, atuando como um elemento de conexão e/ou formando complexos com variadas estabilidades.

Quanto à concentração de Sódio, observa-se uma significativa redução no solo após o cultivo da beterraba, de modo que é possível inferir que o cultivo de beterraba contribuiu para a remoção de sódio no solo, possivelmente através de processos como a absorção pelas raízes das plantas ou com a lixiviação promovida pelo manejo hídrico adotado durante o cultivo. De acordo com Ramos *et al.* (2023) o excesso de Sódio pode acarretar diversos problemas, dentre estes a redução do potencial da água no solo, a dispersão das partículas, o encrostamento e a compactação do solo. O acúmulo excessivo de sais minerais nas plantas pode causar citotoxicidade, devido à alta concentração de Sódio ( $Na^+$ ) nas partes superiores, especialmente nas folhas, o que resulta na inibição da fotossíntese e de outros processos metabólicos, afirmam Jesus e Borges (2020).

Houve uma pequena variação nos níveis de Potássio do solo, de  $0,2 \text{ cmolc.kg}^{-1}$  para  $0,36 \text{ cmolc.kg}^{-1}$  após o cultivo, podendo ser atribuído possivelmente à interação das raízes das plantas de beterraba com o solo ou ao manejo nutricional aplicado. Conforme Pereira *et al.* (2021) o potássio é o segundo nutriente mais absorvido pelas plantas e é responsável por ativar várias enzimas que atuam nos processos de fotossíntese e respiração. Os autores Rios *et al.* (2022) complementam que o Potássio, na forma de cátion ( $K^+$ ), é um nutriente vital que circula livremente

nos tecidos vasculares das plantas, desempenhando papéis cruciais em diversos processos essenciais, como a fotossíntese, o controle da abertura e fechamento dos estômatos, a absorção de água do solo, a ativação de enzimas, a produção de amido e a síntese de proteínas.

Observa-se redução nos níveis de Enxofre após o cultivo, que pode ser relacionado à utilização desse nutriente no desenvolvimento das plantas de beterraba. Os autores Malovolta *et al.* (1997) e Taiz e Zeiger (2006) destacam que na nutrição das plantas o enxofre é o quarto macronutriente mais aplicado e está relacionado com a produção de massa verde, uma vez que ele participa da constituição das proteínas, aminoácidos essenciais, membranas celulares e outros compostos, além atuar no transporte de elétrons.

Os valores de Hidrogênio e Alumínio, elementos inicialmente ausentes no solo, após o cultivo resultaram em 1,33 e 0,15 cmolc.kg<sup>-1</sup>, respectivamente. Segundo Fageria e Stone (1999) a acidificação do solo ocorre devido à liberação de íons hidrogênio. Assim, cultivos intensivos que removem quantidades significativas de cátions, como cálcio, magnésio e potássio, podem aumentar a acidez do solo. Com relação ao alumínio, Sobral *et al.* (2015) enfatizam que ele é um cátion que, sendo tóxico para a maioria das plantas, pode inibir o desenvolvimento das raízes e afetar a disponibilidade de nutrientes como o fósforo. O valor da somatória das bases também foi reduzido, conforme redução ocorrida nos elementos que a resultaram.

Não houve presença de Carbonato de Cálcio no solo estudado. Entretanto, nota-se considerável aumento nos valores de Carbono Orgânico, Matéria Orgânica, Nitrogênio, e especialmente, Fósforo Assimilável. Segundo Wang e Delavar (2023) a capacidade do solo de coletar e degradar substâncias orgânicas está fortemente relacionada à matéria orgânica do solo, à quantidade de argila disponível, à composição do solo e ao pH, associado com a idade dos poluentes e a umidade. Ademais, os autores ressaltam que características ambientais específicas

impactam indireta ou diretamente na eficácia da fitorremediação por propiciaram redução na biodisponibilidade de contaminantes e na disponibilidade de água, nutrientes e oxigênio no solo.

O pH do solo apresentou uma redução de 6,87 para 5,36 após o cultivo da beterraba. De acordo com Santos *et al.* (2021), a acidez do solo é um dos principais fatores que afetam a disponibilidade de nutrientes para as plantas. Portanto, é fundamental conhecer o nível de acidez do solo antes do preparo e adubação, para garantir que os nutrientes sejam disponibilizados nas quantidades adequadas para as plantas. Conforme apontado por Miranda *et al.* (2017), a disponibilidade de nutrientes é otimizada quando o pH do solo se mantém entre 5,5 e 6,5.

Houve redução também na Condutividade Elétrica, medida da Suspensão Solo-Água. E, ademais, após o período de cultivo da beterraba o solo classificado como “Salino Sódico” passou a ser classificado como “Normal”. Corroborando com Silva *et al.* (2014) que ressaltam que o cultivo de beterraba é uma opção promissora para solos afetados pela salinidade, devido à sua capacidade de adaptação ao excesso de sais e à sua eficácia na remoção desses sais do solo.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A análise dos parâmetros químicos do solo antes e após o cultivo da beterraba revelou mudanças consideráveis nas características do solo, especialmente na redução de cálcio, sódio e enxofre, bem como no aumento de magnésio, potássio e fósforo assimilável. Esses resultados indicam que o cultivo de beterraba contribuiu para a melhoria da qualidade do solo, evidenciado pela diminuição da salinidade e pela transição de uma classificação de "Salino Sódico" para "Normal". O papel do magnésio e do potássio no desenvolvimento das plantas foi destacado, assim como a importância do manejo adequado para a manutenção da saúde do solo. Corroborando com estudos anteriores e considerando a

beterraba como uma cultura viável para solos com problemas de salinidade, com capacidade de adaptação, eficiência na remoção de sais e uma alternativa promissora para o manejo sustentável de solos na agricultura.

## REFERÊNCIAS

ARTHUR, G. D.; AREMU, A. O.; KULKARNI, M. G.; STIRK, W. A.; DAVIES, T. C.; PENAYE, J.; VAN STADEN, J. Phytoremediation potential of *Beta vulgaris* L. (Swiss chard) using soil from the vicinity of Kette-Batouri Goldmine (Eastern Cameroon). **South African Journal of Botany**, v. 151, p. 713-719, 2022.

CASTRO, F. C.; DOS SANTOS, A. M.; ARAÚJO, J. F. Salinização dos Solos e Práticas Agrícolas na Comunidade Quilombola de Cupira em Santa Maria da Boa Vista, Pernambuco–Nordeste do Brasil. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 41, p. e174478-e174478, 2021.

CHAVES, H. S.; GALDINO, G. C.; SANTIAGO, T. de S.; OLIVEIRA NETO, C. F. de; MARIANO, D. de C.; OKUMURA, R. S. Níveis de saturação por bases e corretivos da acidez do solo no desenvolvimento do milho. In: REDIN, Ezequiel. **Ciências Rurais em Foco**. 1. Ed. Belo Horizonte: Editora Poisson, 2022. 123p.

EMBRAPA. **Manual de análises de solo**. Rio de Janeiro: EMBRAPA/SNCS, 1997.

FERNANDES, M.S. **Nutrição mineral de plantas**. 1ª. ed. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. III, 2006. 432p.

FAGEIRA, N. K.; STONE, L. F. **Manejo da acidez dos solos de cerrado e de várzea do Brasil**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 1999. 42p.

FRANCO, M. F. S.; AQUINO, L. A.; MACEDO, W. R.; MENDES, F. Q.; ARCEDA, E. U. Qualidade de beterraba de mesa (*Beta vulgaris*) em função de fontes e doses de potássio. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 13, p. e333101321294-e333101321294, 2021.

GADELHA, B. B.; FREIRE, M. H. D. C.; SOUSA, H. C.; COSTA, F. H.; LESSA, C. I.; SOUSA, G. G. D. Growth and yield of beet irrigated with saline water in different types of vegetable mulching. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 25, n. 12, p. 847-852, 2021.

GOUVEA, I. F. S.; MACIEL, M. P. R.; CARVALHO, E. E. N.; BOAS, B. M. V.; NACHTIGALL, A. M. Caracterização física e química de farinha de talo de beterraba. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 3, p. 15814-15823, 2020.

GUERRA, A. M. N. DE M.; MACHADO, L. C. Germinação de sementes e crescimento de plântulas cultivares de beterraba submetidas ao estresse salino. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 7, p. e9411729686-e9411729686, 2022.

JESUS, J.; BORGES, M.T. Salinização de solos em Portugal. **Revista de Ciência Elementar**, v. 8, n. 3, p. 1-5, 2020.

LACERDA, C. N. D.; LIMA, G. S. D.; SOARES, L. A. D. A.; FÁTIMA, R. T. D.; GHEYI, H. R.; AZEVEDO, C. A. de. Morphophysiology and production of guava as a function of water salinity and

salicylic acid. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 26, p. 451-458, 2022.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafós. 1997. 308p.

MEDEIROS, R. M. de; SABOYA, L. M. F.; FRANÇA, M. V. de; ARAÚJO, W. R. de; CUNHA FILHO, M.; HOLANDA, R. M. de; COUTINHO JÚNIOR, J. C. M. Comparativos das variabilidades do clima e do conforto ambiental nos municípios de Campina Grande e Monteiro, PB. **Recima21 - Revista Científica Multidisciplinar**, v.2, n. 11, p.1-16, 2021.

MELO, G. L.; PETRY, M. T.; SILVA, C. M. da; NETTO, J. F.; MARTINS, J. D.; VILLA, B. de; TONETTO, F.; MOURA, M. B.; MENDONÇA, M. T.; TOKURA, L. K. Ocorrências e Controle de salinidade no uso de um sistema de irrigação localizada. **Revista de Ciências Ambientais**, v. 16, n. 2, 2022.

MIRANDA, H. M. S.; DURAN, L. M. G.; BUSINARO, J. M. M.; MARTINS, D. C. **Efeitos de adubação mineral e orgânica na acidez do solo**. Anais Forum de iniciação científica da FUNEC- Ciências Biológicas. vol. 8, n. 8, 2017.

MORITA, A. K. M.; MORENO, F. N. Fitorremediação aplicada a áreas de disposição final de resíduos sólidos urbanos. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 27, n. 2, p. 377-384, 2022.

PEREIRA, M. C. A.; AZEVEDO, C. A. V. de; NETO, J. D.; OLIVEIRA PEREIRA, M. de; RAMOS, J. G.; ARAÚJO TOMAZ, B. de. Crescimento de cultivares de palma forrageira irrigada sob diferentes

níveis de salinidade em região semiárida. **IRRIGA**, v. 26, n. 4, p. 814-826, 2021.

PEREIRA, R. M.; SILVA, H. B. R. da; OLIVEIRA, H. M. S. de; RIBEIRO, D. O.; TOMÁZ, R. G.; SILVA, G. P.; SILVA, A. J. da. Comparação de cultivares de soja no Sudoeste Goiano em resposta à aplicação de diferentes doses de Cloreto de Potássio. **Brazilian Journal of Development**, v.7, n.1, p. 4132-4144, 2021.

RAMOS, R. de S.; PEREIRA JUNIOR, E. B.; MOREIRA, J. N.; NOGUEIRA, F. R. B.; SILVA, J. J. de; OLIVEIRA FILHO, F. de S.; RODRIGUES, M. H. B. S.; CASSIMIRO, C. A. L. Avaliação dos atributos do solo submetidos a diferentes usos e manejos do solo no Semiárido Paraibano. **RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar**, v. 4, n. 2, p. 1-15, 2023.

RIOS, C. V.; SOUZA, G. V. D.; BRITO, E. P. de; PAGLIOSA, F. M.; SILVA, C. P. da. Aproveitamento tecnológico de cenoura na fabricação de pão caseiro. **Científic@ - Multidisciplinary Journal**, v. 9, n. 1, p. 1-11, 2022.

SANTOS, S. J.; DALBEM, A. E.; SOUZA, K. A. J. Determinação do Potencial Hidrogeniônico e sua relação a diferentes texturas de solo. **Revista Científica Eletrônica de Ciências Aplicadas da Fait**, v.1, n. 1, p. 1-9, 2021.

SANTOS, J. S. I.; DA SILVA, A. A. R.; NÓBREGA, A. R. S.; LIMA, M. G. M. de; ARAÚJO, M. S. de F.; SILVA, V. F.; PAIVA, J. P. A.; SOUZA, T. R. A.; NÓBREGA, P. I. S.; GOUVEIA, D. S.; COSTA, M. V. P. da. Cultivo irrigado de beterraba em solo salino sódico sob aplicação foliar de rejeito de caulim. **Caderno Pedagógico**, v. 21, n. 5, p. e3775-e3775, 2024.

SILVA, A. O.; SILVA, E. F. F.; KLAR, A. E.; CUNHA, A. R. Evapotranspiração e coeficiente de cultivo para a beterraba sob estresse salino em ambiente protegido. **Irriga**, v. 19, n. 3, p. 375-389, 2014.

SILVA, M. C. M. da; ALVARENGA, C. A. F.; PENHA, H. G. V.; CORRÊA, L. D. M.; ROCHA, J. S. Influência da utilização de cálcio orgânico oriundos de algas do gênero. **Research, Society and Development**, v. 12, n.8, p. 1-7, 2023.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Artimed, 3 ed. 2006. 722p.

TAVARES FILHO, G.; SILVA, D., MASCARENHAS, N. M. H.; LINS, R.; OLIVEIRA, F.; ARAUJO, C.; MATIAS, S.; ARAUJO, C. F.; NETO, J. F. Qualidade da água no semiárido e seus efeitos nos atributos do solo e na cultura da Moringa oleifera Lam. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 43, n. 3, p. 293-301, 2020.

VASCONCELO, S. M. A.; JAKELAITIS, A.; COSTA, M. L. M.; DE OLIVEIRA, R. R. C.; SANTOS, V. S. Seleção de espécies tolerantes para a fitorremediação de solo contaminado com imazapic. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 19, n. 2, p. 149-158, 2020.

WANG, J.; DELAVAR, M. A. Techno-economic analysis of phytoremediation: A strategic rethinking. **Science of The Total Environment**, v. 902, n. 12, p. 1-19, 2023.

YADAV, R.; SINGH, G.; SANTAL, A. R.; SINGH, N. P. Omics approaches in effective selection and generation of potential plants for



phytoremediation of heavy metal from contaminated resources. **Journal of Environmental Management**, v. 336, p. 117730, 2023.

# MUDANÇAS CLIMÁTICAS E SEGURANÇA HÍDRICA: SUBSÍDIOS PARA GOVERNANÇA DA ÁGUA

---

*Maria de Lourdes Saturnino Gomes  
Ângela Maria Cavalcante Ramalho*

## INTRODUÇÃO

Diante do cenário de emergência climática ressalta-se a importância da governança da água, pois os eventos hidrológicos resultantes das mudanças climáticas vulnerabilizam e alteram o regime de chuvas colocando em riscos o abastecimento e disponibilidade da água, ameaçando o suprimento de recursos hídricos. O que demanda ampliar a discussão sobre a implementação de medidas de adaptação com novos desafios à governança da água, tendo como foco proporcionar à segurança hídrica.

O cenário emerge da demanda por uma gestão mais flexível com ênfase na diminuição das vulnerabilidades socioambientais e econômicas diante dos problemas cada vez mais complexos para garantir a segurança hídrica. Uma gestão hídrica de forma descentralizada é essencial, ou seja, o envolvimento e co-responsabilidade de diferentes atores sociais para garantia do acesso à água potável em quantidade e qualidade para o consumo humana como direito fundamental, constitui a base para o desenvolvimento sustentável, pois se insere no eixo fundamental do Objetivo 6 da Agenda 2030 para o Desenvolvimento, que defende o acesso universal e equitativo à água potável e ao saneamento até 2030.

No século XXI em uma perspectiva de agravamento as “mudanças climáticas são atualmente reconhecidas, além da perda de biodiversidade, como os principais desafios socioambientais da humanidade, não apenas em termos dos processos físicos e químicos, mas também seus impactos sobre a sociedade” (Caldas, 2020). Com consequências globais, as mudanças climáticas são uma ameaça à saúde humana e à biodiversidade. O aumento das emissões de gases com efeito estufa entre outros efeitos negativos um dos mais preocupantes é o da segurança hídrica (Milhaylov, 2020).

Sob a égide da segurança hídrica, além da alteração do ciclo hidrológico no tempo e no espaço, a disponibilidade da água para consumo humano vem sendo reduzida em termos de qualidade. Em contrapartida, ao acréscimo da demanda correlacionada ao aumento da densidade demográfica e o uso para a agricultura irrigada. As mudanças climáticas agravam a crise hídrica que já atinge as populações em regiões áridas e semiáridas tornando-se fonte de conflitos entre as comunidades dessas localidades. Seja por falta da água em regiões com baixo índice de precipitação ou pelo excesso em outras regiões, os mais afetados são os grupos sociais que se encontram em vulnerabilidade social. A água é requisito mínimo para a vida e seus meios de produção, no entanto, quando em excesso torna-se fonte de destruição, de pobreza e de conflitos (Pereira e Rodriguez, 2022).

Dentre outros enfoques, além da demanda e oferta de água, o conceito de segurança hídrica está relacionado com a escassez e excesso (inundações) da água, e com a qualidade. Dentro destes aspectos, a segurança hídrica está relacionada com a gestão do risco da falta do recurso para atendimento das necessidades ou o excesso que poderá gerar graves impactos sociais e econômicos (Tucci e Chagas, 2018). Portanto, considerando a crise hídrica atrelada a má gestão, os desafios da governança da água são imensos devido aos rápidos processos de industrialização e urbanização e aos efeitos das mudanças ambientais, mudanças

climáticas, crescimento populacional e as instabilidades geopolíticas (Salem *et al.*, 2022).

Desse modo, subsidiar a governança da água é uma questão chave para implementar a gestão hídrica integrada (Nicollier, Kiperstok e Bernardes, 2023). Se por um aspecto a gestão diz respeito às ações voltadas ao disciplinamento do uso da água, a governança relaciona-se aos diversos arranjos institucionais heterogêneos (formais e não formais), sendo determinante para a estruturação da gestão. Assim, para que haja uma gestão efetiva dos recursos hídricos, torna-se necessário atrelar a governança, já que não basta a criação de organismos, leis e decretos que versem sobre o cuidado com os corpos hídricos (Gouveia e Silva, 2022).

Direito este, reconhecido em 2010 pela Organização das Nações Unidas, por meio da Resolução n° 64/292, em que pese, o acesso à água potável e ao saneamento básico é um direito humano essencial, fundamental e universal. Assim, diante do exposto o objetivo do estudo foi analisar a produção científica sobre as variáveis mudanças climáticas e segurança hídrica através de uma revisão sistemática, considerando ser necessário conhecer novas perspectiva e abordagens teóricas, para dar respostas aos impactos das mudanças climáticas em curso, na busca da diminuição das vulnerabilidades, além da ampliação da construção do conhecimento e do diálogo entre academia e tomadores de decisão.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Tendo em vista atingir o objetivo do estudo foi realizada uma pesquisa e análise bibliométrica de trabalhos produzidos de 1988 a 2022. Considerando que em 06 de dezembro de 1988 foi aprovada a Resolução 43/53 da Assembleia Geral das Nações Unidas (ONU), que transformou as mudanças climáticas numa questão jurídico-política.

A partir da definição da questão problema da pesquisa e o método de análise dos dados, ou seja, quais as diretrizes e planos para a governança e segurança hídrica adaptativa no contexto de mudanças climáticas? Foi apurado os critérios de busca com vista a atender a fidedignidade do método. Critérios de inclusão: palavras-chave “Climate Change” AND “Water Security”; tipos de documentos que se busca, foram exclusivamente artigos finalizados e com acesso livre; língua inglesa; áreas a serem consideradas, Ciências Sociais, Planejamento Urbano e Ciências Ambientais; base de dados, Scopus.

Em seguida foi realizada a pesquisa na plataforma de base de dados *Scopus*, em junho de 2023. A escolha da plataforma *Scopus* foi motivada considerando o volume da literatura científica especializada oferecida por essa base de dados multidisciplinar, e abrangente volume de títulos.

A posteriori foi realizada a leitura dos títulos, resumos e palavras-chave dos 200 artigos com maior número de citações com o intuito de aprimorar a qualidade do material de composição da amostra. Nesta etapa 60 artigos foram selecionados por apresentarem em seu escopo questões similares e próximas ao objetivo do presente trabalho. Contudo, 38 foram selecionados tendo em vista sua contribuição com propostas subsidiárias de planos para a governança e segurança hídrica em um contexto das mudanças climáticas.

Por fim, para compor a discussão dos resultados, os artigos foram categorizados. A categorização da produção científica obtida dos 38 artigos contemplados em uma escala de tempo de 2007 a 2022 se deu por proximidade de seus objetivos e a conclusão obtida. Através da leitura seletiva os artigos foram organizados em três grandes grupos (Quadro 1).

QUADRO 1- CATEGORIZAÇÃO DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA ANALISADA.

<b>Categorias</b>	<b>Autorias</b>
Mudanças climáticas, implicações e riscos intrínseca a escassez da água	Mason, Zeitoun, e Sheikh (2011); Wang <i>et al.</i> (2012); Maraseni, Mushtaq e Reardon-Smith (2012); Ehsani <i>et al.</i> (2017); Odhiambo (2017); Taye <i>et al.</i> (2018); Pousa <i>et al.</i> (2019); McGill <i>et al.</i> (2019); Veijalainen <i>et al.</i> (2019); Aladejana <i>et al.</i> (2020); Karimidastenaiei <i>et al.</i> (2022); Duan <i>et al.</i> (2022).
Mudanças climáticas e a (in)segurança hídrica	Aboelnga <i>et al.</i> (2019); Gheuens, Naga- bhatla e Perera (2019); Gesualdo <i>et al.</i> (2019); Ghosh, Kansal e Venkatesh (2019); Pandey <i>et al.</i> (2019); Roth <i>et al.</i> (2019); Khan <i>et al.</i> (2020); Aboelnga <i>et al.</i> (2020); Shubo, Fernandes e Montenegro (2020); Mishra <i>et al.</i> (2021)
Mudanças climáticas prospecção de estratégias adaptativas para gestão dos recursos hídricos e governança da água	Wang <i>et al.</i> (2011); Rockström <i>et al.</i> (2014); Shuzhong <i>et al.</i> (2017); Amin <i>et al.</i> (2018); Wheeler <i>et al.</i> (2018); Romano e Akh- mouch (2019); Uprety <i>et al.</i> (2019); Yomo, Mourad e Gnazou (2019); Zubaidi <i>et al.</i> (2020); Sharma <i>et al.</i> (2020); Acuña-Alonso <i>et al.</i> (2021); Zuniga-Teran <i>et al.</i> (2021); Kiem e Austin (2013); Kiem (2013); Pearce <i>et al.</i> (2018); Macklin e Lewin (2019)

Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Destarte, a pesquisa bibliométrica foi fundamental para a compreensão da qualidade e aprofundamento da produção científica de conhecimentos sobre a interface mudanças climáticas e segurança hídrica,

através de conceitos, evolução, recorte temporal e tipos de publicação e áreas do conhecimento, tendo em vista proporcionar um maior aprofundamento sobre a natureza deste estudo.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **MUDANÇAS CLIMÁTICAS E RISCOS INTRÍNSECO A ESCASSEZ DA ÁGUA**

A escassez de água é um tema recorrente nos debates contemporâneos diante das mudanças climáticas que se configura como uma ameaça a esse recurso, gerando cenários que afetam o ciclo de água, com secas e inundações mais frequentes e extremas, por consequência do aumento da temperatura e a variabilidade nos padrões de fluxo dos corpos d'água também afetam a qualidade da água.

Com base no enfoque elucidado, a pesquisa fez consulta em um total de 15 artigos acerca das implicações provocadas pelas mudanças climáticas, 12 são estudos de caso de diferentes localidades do globo. Na perspectiva de Wang *et al.* (2012) parte dos ambientes áridos e semiáridos como estão respondendo às mudanças no clima aponta questões como o uso da terra e aspectos sociais como o rápido crescimento populacional, segurança alimentar e hídrica e questões de desenvolvimento.

As mudanças climáticas, escassez hídrica e implicações socioeconômicas foram apontados por Odhiambo (2017) como sendo a Arábia Saudita como uma das regiões mais secas do mundo, já ultrapassando a linha de escassez de água definida pela Organização Mundial da Saúde (OMS). Vulnerabilizando a sustentabilidade socioeconômica das comunidades locais, agravada ainda mais pelas demandas crescentes devido ao rápido crescimento populacional, consumo insustentável, instituições e regulamentações de gestão fracas. A situação se agrava

ainda mais na Faixa Gaza conforme, Mason, Zeitoun e Sheikh (2011) que apontam além de vulnerabilidade climática riscos não climáticos estruturados por conflitos que superam os riscos climáticos previstos.

Na Bacia do Daomé Oriental no sudoeste da Nigéria e Aladejana *et al.* (2020) estabeleceram uma ligação entre as mudanças climáticas e a qualidade das águas subterrâneas em aquíferos, sugerindo a necessidade de uma política estratégica de gerenciamento de águas subterrâneas e planejamento para melhorar a deterioração da qualidade das águas subterrâneas. Em pesquisa semelhante McGill *et al.* (2019) em Botsuana- África Austral, que depende do aquífero transfronteiriço de Ramotswa para abastecimento de água. Por falta de saneamento básico os autores detectaram a contaminação da fonte de água disponível para a comunidade. E as propostas diretivas para segurança hídrica ressaltam o efetivo saneamento, tratamento de águas subterrâneas para o acesso confiável à água, além da redução dos riscos de escassez de água, evitando tensões transfronteiriças sobre o aquífero compartilhado.

O processo constante de mudanças climáticas, a escassez da água atrelada ao rápido crescimento da agricultura, das indústrias e da urbanização foi o foco do estudo de Taye *et al.* (2018) desenvolvido na bacia de Awash, na Etiópia, e no Oeste da Bahia- Brasil por Pousa *et al.* (2019) na Austrália por Maraseni, Mushtaq e Reardon-smith (2012) e na Finlândia por Veijalainen *et al.* (2019), os pesquisadores tratam das variabilidades climáticas e escassez da água com consequente impacto nos setores relacionados à água, reduzindo o abastecimento para produção de alimentos e energia hidrelétrica, multiplicando de riscos para o nexo água-energia-segurança alimentar.

Como propostas diretivas os pesquisadores da Finlândia sugerem que a resiliência às secas poderia ser melhorada com planos de gestão de seca específicos da região. No Brasil existe a mesma demanda, uma vez que isso ocorre especialmente nas regiões mais densamente povoadas do Nordeste. Conforme os pesquisadores da Etiópia isso exige uma



estratégia aprimorada de gestão da água que inclua todos os setores e considere a equidade para diferentes usuários.

A respeito das implicações das mudanças climáticas em corpos d'água superficiais Ehsani *et al.* (2017) no Nordeste dos Estados Unidos indicam que aumentar o tamanho e o número de barragens, pode se tornar necessário para compensar as vulnerabilidades dos sistemas de recursos hídricos devido às futuras incertezas climáticas. Nesse sentido, as transferências de água entre bacias para aliviar o estresse hídrico diante das mudanças climáticas Duan *et al.* (2022), indicam que a evolução do status climático e socioeconômico pode afetar amplamente a eficiência da transferência de água entre bacias.

Concatenadas as contribuições científicas que abordam as mudanças climáticas, implicações e riscos intrínsecos à escassez da água, apresenta-se um cenário de previsões de escassez global de água. Nesse sentido, Karimidastenaie *et al.* (2022) chama a atenção para recursos considerados não convencionais e, portanto, chamados de Recursos Hídricos não Convencionais (água salina e salobra, água de drenagem agrícola e residuais, água obtida por captura de neblina e coleta de água da chuva). Estes são considerados como recursos hídricos complementares que necessitam de processos especializados para serem utilizados como abastecimento de água como alternativa adaptativa em condições climáticas hostis.

No quesito Mudanças climáticas e a (in)segurança hídrica, autores como Shubo, Fernandes e Montenegro (2020) apresenta como estratégia para manutenção dessa fonte de água, os sistemas de recarga gerenciada de aquíferos (MAR) que consiste em ampliar uma prática já realizada pelas comunidades locais para o armazenamento da água de chuvas. Os autores propõem a construção de lagoas de infiltração para reabastecimento dos aquíferos. E definem dupla função da técnica em áreas urbanas, pois a iniciativa além da recarga de aquíferos visam principalmente reduzir os fluxos de pico de escoamento.

Já os pesquisadores Gheuens, Nagabhatla e Perera (2019) assinalam a utilização de águas subterrâneas como estratégias de segurança hídrica em Pequenos Estados Insulares em Desenvolvimento se tem verificado baixos volumes destes reservatórios. A superação desta questão se dá pelo compartilhamento de práticas e lições aprendidas de exemplos de boa governança, políticas integradas, maior resiliência da comunidade e capacitação que auxiliam na capacidade de adaptação a essa realidade.

Logo, o alcance da segurança hídrica torna-se um desafio na agenda dos governos, formuladores de políticas públicas, agências de abastecimento e diferentes segmentos da sociedade. A atual instabilidade de segurança hídrica em centros urbanos e a potencial escassez futura de água são contemplados nos estudos realizados por Aboelnga *et al.* (2019); no estudo de caso do Paquistão por Khan *et al.* (2020); em Madaba, Jordânia por Aboelnga *et al.* (2020); em São Paulo por Gesualdo, *et al.* (2019); em Delhi, na Índia por Ghosh, Kansal, Venkatesh (2019); no Nepal por Pandey, *et al.* (2019); na Ásia por Roth *et al.* (2019). Resguardadas as particularidades inerentes à localização geográfica pesquisada, é consensual o agravamento dos riscos que envolve a (in)segurança hídrica em centros urbanos.

Não obstante, o uso insustentável de águas superficiais e subterrâneas é onipresente para Weather e Gober (2015), e uma urgência para agenda científica, necessária para compreensão mais profunda das questões ecossistêmicas e socioambientais, com a análise integrada e transdisciplinar capaz de abordar os problemas hídricos do Antropoceno.

Todavia, o aumento da conscientização sobre os desafios da água, sua intensificação de uso e deterioração da qualidade as mudanças climáticas, e a (in) segurança hídrica recebe mais atenção tanto científica quanto política (Roth *et al.*, 2019) relevantes para o estabelecimento de espaços profícuo de governança que inclua os grupos marginalizados

da sociedade. Nesse sentido, o enfoque na pesquisa hidrossocial aprofundada, pode despolitizar questões basicamente políticas de (re)alocação de água (Roth *et al.*, 2019), incluindo grupos marginalizados como agentes do processo.

Sendo assim, fica evidente que as mudanças climáticas são um implicador tanto para o regime de chuvas, como para ocorrência de eventos hidrológicos extremos com inundações e longos períodos de seca, o que irá afetar a oferta de água diante da iminência de efeitos cada vez mais fortes das mudanças climáticas. Por outro lado, assinala-se a importância de processos de governança da água que possam se concretizar através da capacidade de resposta através da participação da sociedade tendo em vista garantir que os processos decisórios atendam às demandas socioambientais.

## MUDANÇAS CLIMÁTICAS: PROSPECÇÃO DE ESTRATÉGIAS ADAPTATIVAS PARA GESTÃO DA ÁGUA

A crise hídrica global é uma realidade, o foco principal muda, além da questão da segurança e eficiência hídrica na agenda política, é preciso sopesar a resiliência hídrica (Rockström *et al.* 2014) a partir de um novo paradigma, o da governança da água. Os arranjos institucionais de gestão das águas em si mesmo não dão conta de atender as demandas que surgem frente ao cenário de incertezas provenientes das mudanças climáticas.

Em uma perspectiva da interação espaço-temporal os desafios para gestão e governança adaptativa apresentam diferentes interfaces. Para gestão sustentável um dos principais desafios setoriais gira em torno da necessidade de equilibrar a disponibilidade de água para abastecimento com a necessidade da produção alimentar para um crescimento populacional constante, cenário agravado pelos arranjos institucionais,

implementação e aplicação de políticas nem sempre alinhadas (Shuzhong *et al.* 2017).

Ainda é preciso considerar que a governança adaptativa de água para cidades possui necessidades específicas ligadas a urbanização, crescimento demográfico, saneamento, infraestrutura, manutenção do abastecimento, e a desigualdade entre os grupos de renda alta, média e baixa que constituem problemas imediatos em torno da água, além de sua capacidade adaptativa ser determinado por fatores climáticos e não climáticos. Além destas questões, há as incertezas causadas pelas mudanças climáticas, em todos os pontos fundamentais para cidades inclusivas, seguras e resilientes (Romano e Akhmouch, 2019; Sharma *et al.* 2020 Zuniga-Teran *et al.* 2021).

Em regiões áridas e semiáridas, recorrentemente marcadas por conflitos, a presença física da água não garante o acesso. As políticas hídricas nestas regiões interagem com as políticas fundiárias e neoliberais entre setores em diferentes escalas, exacerbando vulnerabilidades desproporcionalmente em grupos menos privilegiados e aumentando as disparidades (Zuniga-Teran *et al.*, 2021). Para estas regiões, sobretudo as áreas rurais o delineamento de planos de gestão e governança da água adaptativa para mudanças climáticas torna-se imperativo que as questões sociais e econômicas das comunidades rurais não sejam apenas, e tão somente, um produto da seca ou das mudança climáticas, este entendimento não teria em grande conta a extensão dos problemas e inibiria a capacidade de coordenar a abordagem holística necessária para uma adaptação bem-sucedida às mudanças climáticas nestas áreas (Kiem e Austin, 2013).

As regiões de vulnerabilidades são geralmente deficitárias de dados, faltam informações para serem disponibilizadas, logo não é possível realizar o monitoramento. Nesse sentido, políticas de inclusão concomitante aos princípios da ciência cidadã ajudam a melhorar a cobertura espacial dos dados (Uprety, *et al.* 2019).

Nesse sentido, cabe ressaltar o indispensável contributo das tecnologias da informação. Estas têm sido incorporadas na atuação de profissionais em várias áreas do conhecimento, inclusive, ambientais, para tratamento de informações espaciais. Neste trabalho, recorrente foram as pesquisas desenvolvidas através de geotecnologias voltadas para modelagem hidrológica ou modelos de dados alimentados por indicadores utilizados por pesquisadores na obtenção de projeções relacionadas às mudanças climáticas, uso, disponibilidade e qualidade da água, a citar.

A obtenção sistematizada de dados e a disponibilização de informações das projeções obtidas conforme pesquisadores, vêm para auxiliar tomadores de decisão e gestores como instrumento de gestão de recursos dos recursos hídricos, pois pode prever a demanda de água em cidades, ajuda no desenvolvimento da governança sustentável da água para a bacia hidrográfica, permite a avaliação de possíveis arranjos adaptativos de gestão frente os efeitos potenciais das mudanças climáticas.

Assim como no trabalho de Zubaidi *et al.* (2020) que através da modelagem realizou um estudo de caso da Província de Gauteng com o objetivo de prever a demanda de água urbana para esta localidade que sofre com as mudanças climáticas; Amin *et al.* (2018) realizou um estudo de caso para determinar demandas atuais e futuras de Água na Bacia do Alto Indo auxiliando no planejamento, tomadas de decisão e planos de gestão e governança adaptativa da água.

Enquanto, Wang *et al.* (2011) utilizou a modelagem para planejamento e gestão de recursos hídricos com base na dinâmica do sistema da cidade de Yulin; Wheeler *et al.* (2018) utilizou a ferramenta para explorar estratégias cooperativas de Gestão transfronteiriça de Rios para a Bacia do Nilo Oriental; Acuña-Alonso *et al.* (2021) avaliou a segurança hídrica, gestão de bacias hidrográficas através da modelação da hidrologia e integridade ecológica em Galiza-Costa (NW de Espanha); Yomo, Mourade e Gnazou (2019) examinou a segurança da água

no ambiente desafiador de Togo, África Ocidental, concluindo em seu estudo que operacionalização de órgãos de gestão pode permitir a aplicação de políticas e regulamentos que pode levar a uma gestão sólida.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A partir das pesquisas realizadas foi possível constatar que as mudanças climáticas são um problema complexo o que demanda respostas multissetoriais e interdisciplinares diante de cenários de impactos substanciais tanto na demanda como na oferta da água, sendo fundamental entender as consequências das mudanças na disponibilidade hídrica. Neste sentido, os tomadores de decisão nas esferas de planejamento precisam adotar o gerenciamento sustentável dos recursos hídricos tão essencial para a sociedade no enfrentamento das mudanças climáticas, de forma a alcançar as metas do milênio que propõe políticas, alterações na governança, investimentos e mudanças na forma como as discussões sobre a água são travadas no desenvolvimento de estratégias de governança hídrica.

No que diz respeito às informações coletadas no estudo sobre mudanças climáticas e segurança hídrica, verifica-se o domínio de cooperação científica nessa linha de pesquisa entre cientistas chineses. Os pesquisadores chineses despontam como maiores colaboradores sobre pesquisa/estudos sobre mudanças climáticas e a sua indissociabilidade com a atual crise hídrica.

Quanto à ocorrência de palavras-chave, mudanças climáticas é o tema mais explorado na produção científica, interligado a temas relacionados à segurança hídrica, desenvolvimento sustentável e poluição da água. Com desdobramentos de estudos relacionados a governança da água, arranjos institucionais, planos de gestão adaptativa, formulação de políticas públicas para segurança hídrica

Através da categorização dos artigos científicos, foi possível verificar a concentração de pesquisas sobre mudanças climáticas prospectivas e estratégias adaptativas para gestão dos recursos hídricos e governança da água. Sendo notável que para os estudos relacionados a categoria, torna-se indispensável a contribuição das tecnologias da informação incorporada às ciências ambientais para tratamento de informações, possibilitando que medidas estratégicas adaptativas possam ser planejadas diante da projeção dos cenários apresentados.

Nos estudos e pesquisas realizadas sobre mudanças climáticas e segurança hídrica, foi importante compreender que as variações no clima têm um papel central na conexão com os recursos hídricos, pois alteram os padrões de chuva e desencadeia eventos extremos, um implicador na disponibilidade de recursos hídricos, especialmente em países em desenvolvimento.

Dessa forma, entramos em uma cadeia de consequências que afetam toda a população, sendo necessário que governos, organizações e a sociedade civil busquem adotar medidas de adaptação com políticas para mitigar os impactos, tendo em vista um desenvolvimento sustentável e resiliente na governança do clima.

## **AGRADECIMENTOS**

A FAPESQ - Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado da Paraíba, pela concessão da bolsa de pesquisa.

## **REFERÊNCIAS**

ABOELNGA, H.T.; EL-NASER, H.; RIBBE, L.; FRECHEN, F.-B. Assessing water security in water-scarce cities: Applying the integrated urban water security index (IUWSI) in Madaba, Jordan. **Water**

(**Switzerland**), v.12, n. 5, art. no. 1299, 2020. DOI: 10.3390/W12051299

ABOELNGA, H.T.; RIBBE, L.; FRECHEN, F.-B.; SAGHIR, J. Urban water security: Definition and assessment framework . **Resources**, v.8, n. 4, art. no. 178, 2019. DOI: 10.3390/resources 8040178

ACUÑA-ALONSO, C.; FERNANDES, A.C.P.; ÁLVAREZ, X.; VALERO, E.; PACHECO, F.A.L.; VARANDAS, S.D.G.P.; TERÊNCIO, D.P.S.; FERNANDES, L.F.S. Water security and watershed management assessed through the modelling of hydrology and ecological integrity: A study in the Galicia-Costa (NW Spain). **Science of the Total Environment**, 759, art. no. 143905, 2021. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.143905

ALADEJANA, J.A.; KALIN, R.M.; SENTENAC, P.; HASSAN, I. Assessing the impact of climate change on groundwater quality of the shallow coastal aquifer of eastern dahomey basin, Southwestern Nigeria. **Water (Switzerland)**, v. 12, n. 1, art. no. 224, 2020. DOI: 10.3390/w12010224

AMIN, A.; IQBAL, J.; ASGHAR, A.; RIBBE, L. Analysis of current and future water demands in the Upper Indus Basin under IPCC climate and socio-economic scenarios using a hydro-economic WEAP Model. **Water (Switzerland)**, v. 10, n.5, art. no. 537, 2018. DOI: 10.3390/w10050537

CALDAS, E. L. **Políticas de Mudanças Climáticas** , Confins [En ligne], 46 | 2020, mis en ligne le 29 juin 2020. Disponível em: <<https://journals.openedition.org/confins/31687>>. Acesso em 05 de jun. 2023.



DUAN, K.; CALDWELL, P.V.; SUN, G.; MCNULTY, S.G.; QIN, Y., CHEN; X., LIU, N. Climate change challenges efficiency of inter-basin water transfers in alleviating water stress. **Environmental Resource Letters**, v. 17, n. 4, art. no. 044050, 2022. DOI: 10.1088/1748-9326/ac5e68

EHSANI, N.; VÖRÖSMARTY, C.J.; FEKETE, B.M.; STAKHIV, E.Z. Reservoir operations under climate change: Storage capacity options to mitigate risk. **Journal of Hydrology**, v. 555, pp. 435-446, 2017. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2017.09.008

GESUALDO, G.C.; OLIVEIRA, P.T.; RODRIGUES, D.B.B.; GUPTA, H.V. Assessing water security in the São Paulo metropolitan region under projected climate change. **Hydrology and Earth System Sciences**, v.23, n.12, pp. 4955-4968, 2019. DOI: 10.5194/hess-23-4955-2019

GHEUENS, J.; NAGABHATLA, N.; PERERA, E.D.P. Disaster-risk, water security challenges and strategies in Small Island Developing States (SIDS). **Water (Switzerland)**, v. 11, n.4, art. no. 637, 2019. DOI: 10.3390/w11040637

GHOSH, R.; KANSAL, A.; VENKATESH, G. Urban water security assessment using an integrated metabolism approach-Case study of the National Capital Territory of Delhi in India. **Resources**, v. 8, n. 2., art. no. 62, 2019. DOI: 10.3390/resources8020062

GOUVEIA, E. L.; SILVA, M. J. GOVERNANÇA E GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS NO ESTADO DE PERNAMBUCO. **OKARA: Geografia em Debate**, v. 16, n. 1, 2022.

KARIMIDASTENAEI, Z.; AVELLÁN, T.; SADEGH, M.; KLØVE, B.; HAGHIGHI, A.T. Unconventional water resources: Global opportunities and challenges. **Science of the Total Environment**, 827, art. no. 154429, 2022. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.154429

KHAN, S.; GUAN, Y.; KHAN, F.; KHAN, Z. A comprehensive index for measuring water security in an Urbanizing World: The case of Pakistan's capital. **Water (Switzerland)**, v. 12, n.1, art. no. 166, 2020. DOI: 10.3390/w12010166

KIEM, A.S. Drought and water policy in Australia: Challenges for the future illustrated by the issues associated with water trading and climate change adaptation in the Murray-Darling Basin. **Global Environmental Change**, v. 23, n.6, pp. 1615-1626, 2013. DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2013.09.006

KIEM, A.S.; AUSTIN, E.K. Drought and the future of rural communities: Opportunities and challenges for climate change adaptation in regional Victoria, Australia. **Global Environmental Change**, v.23, n.5, pp. 1307-1316, 2013. DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2013.06.003

MARASENI, T.N.; MUSHTAQ, S.; REARDON-SMITH, K. Climate change, water security and the need for integrated policy development: The case of on-farm infrastructure investment in the Australian irrigation sector. **Environmental Research Letters**, v. 7, n. 3,, art. no. 034006, 2012. DOI: 10.1088/1748-9326/7/3/034006

MASON, M.; ZEITOUN, M.; SHEIKH, R.E. Conflict and social vulnerability to climate change: Lessons from Gaza. **Climate and Development**, v.3, n. 4, pp. 285-297, 2011. DOI: 10.1080/17565529.2011.618386

MCGILL, B.M.; ALTCHENKO, Y.; HAMILTON, S.K.; KENABATHO, P.K.; SYLVESTER, S.R.; VILLHOLTH, K.G. Complex interactions between climate change, sanitation, and groundwater quality: a case study from Ramotswa, Botswana. **Hydrogeology Journal**, v.27, n.3, pp. 997-1015, 2019. DOI: 10.1007/s10040-018-1901-4

MIKHAYLOV, A.; MOISEEV, N.; ALESHIN, K.; BURKHARDT, T. Global climate change and greenhouse effect. **Entrepreneurship and Sustainability Issues**, v. 7, n. 4, pp. 2897-2913, 2020. Disponível em: <<https://www.researchgate.net/publication/342372335>> Global\_climate\_change\_and\_greenhouse\_effect. Acesso em 05 jun. 2023.

NICOLLIER, V.; KIPERSTOK, A.; BERNARDES, M. E. C. A governança das águas no Brasil: qual o papel dos municípios?. **Estudos Avançados**, v. 37, p. 279-302, 2023.

ODHIAMBO, G.O. Water scarcity in the Arabian Peninsula and socio-economic implications. **Applied Water Science**, v.7, n. 5, pp. 2479-2492, 2017. DOI: 10.1007/s13 201-016-0440-1

ONU. **Resolução da Assembleia Geral da Resolução A/RES/64/292**. 2010. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/acao/agua/>>. Acesso em: 05 jun. 2023.

PANDEY, C.L.; MASKEY, G.; DEVKOTA, K.; OJHA, H. Investigating the Institutional Landscape for Urban Water Security in Nepal. **Sustainability (United States)**, v.12, n. 3, pp. 173-181, 2019. DOI: 10.1089/sus.2019.0007

PEREIRA, V. R.; RODRIGUEZ, D. A. Vulnerabilidades da segurança hídrica no Brasil frente às mudanças climáticas. **Derbyana**, v. 43, p. e777-e777, 2022.

POUSA, R.; COSTA, M.H.; PIMENTA, F.M.; FONTES, V.C.; CASTRO, M. Climate change and intense irrigation growth in Western Bahia, Brazil: The urgent need for hydroclimatic monitoring. **Water (Switzerland)**, v.11, n.5, art. no. 933, 2019. DOI: 10.3390/w11050933

ROCKSTRÖM, J.; FALKENMARK, M.; ALLAN, T.; FOLKE, C.; GORDON, L.; JÄGERSKOG, A.; KUMMU, M.; LANNERSTAD, M.; MEYBECK, M.; MOLDEN, D.; POSTEL, S.; SAVENIJE, H.H.G.; SVEDIN, U.; TURTON, A.; VARIS, O. The unfolding water drama in the Anthropocene: Towards a resilience-based perspective on water for global Sustainability. **Ecohydrology**, v.7, n.5, pp. 1249-1261,2014. DOI: 10.1002/eco.1562

ROMANO, O.; AKHMOUCH, A. Water governance in Cities: Current trends and future challenges. **Water (Switzerland)**, v.11, n.3, art. no. 500, 2019. DOI: 10.3390/w11030500

ROSEGRANT, M.W.; RINGLER, C.; ZHU, T. Water for agriculture: Maintaining food security under growing scarcity. **Annual Review of Environment and Resources**, v. 34, pp. 205-222,2009. DOI: 0.1146/annurev.environ.030308.090351

ROTH, D.; KHAN, M.S.A.; JAHAN, I.; RAHMAN, R.; NARAIN, V.; SINGH, A.K.; PRIYA, M.; SEN, S.; SHRESTHA, A.; YAKAMI, S. Climates of urbanization: local experiences of water security,

conflict and cooperation in peri-urban South-Asia. **Climate Policy**, v.19 (sup1), pp. S78-S93, 2019. DOI: 10.1080/14693062.2018.1530967

SALEM, H. S.; PUDZA, M. Y.; YIHDEGO, Y. Water strategies and water–food Nexus: challenges and opportunities towards sustainable development in various regions of the World. **Sustainable Water Resources Management**, v. 8, n. 4, p. 114, 2022. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s40899-022-00676-3>>. Acesso em 05 jun. 2023.

SHARMA, G.; NAMCHU, C.; NYIMA, K.; LUITEL, M.; SINGH, S.; GOODRICH, C.G. Water management systems of two towns in the Eastern Himalaya: Case studies of Singtam in Sikkim and Kalimpong in West Bengal states of India. **Water Policy**, 22, pp. 107-129, 2020. DOI: 10.2166/wp.2019.229

SHUBO, T.; FERNANDES, L.; MONTENEGRO, S.G. An overview of managed aquifer recharge in Brazil. **Water (Switzerland)**, v.12, n.4, art. no. 1072, 2020. DOI: 10.3390/W12041072

SHUZHONG, G.; JENKINS, A.; GAO, S.-J.; LU, Y.; LI, H.; LI, Y.; FERRIER, R.C.; BAILEY, M.; WANG, Y.; ZHANG, Y.; QI, X.; YU, L.; DING, L.; DANIELL, T.; WILLIAMS, R.; HANNAFORD, J.; ACREMAN, M.; KIRK, S.; LIU, H.; LIU, Z.; LUO, L.; YAN, D.; LIU, X.; YU, F.; WANG, D.; ZHANG, B.; DING, A.; XIE, X.; LIU, J.; MA, C.; JOBSON, A. Ensuring water resource security in China; the need for advances in evidence-based policy to support sustainable management. **Environmental Science and Policy**, v.75, pp. 65-69, 2017. DOI: 10.1016/j.envsci.2017.05.008

TAYE, M.T.; DYER, E.; HIRPA, F.A.; CHARLES, K. Climate change impact on water resources in the Awash basin, Ethiopia. **Water (Switzerland)**, v. 10, n.11, art. no. 1560, 2018. DOI: 10.3390/w10111560

TUCCI, C. E.M.; CHAGAS, M. F. Segurança hídrica: conceitos e estratégias para Minas Gerais. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 14, n. 1, p. e12, 2017.

UPRETY, M.; OCHOA-TOCACHI, B.F.; PAUL, J.D.; REGMI, S.; BUYTAERT, W. Improving water resources management using participatory monitoring in a remote mountainous region of Nepal. **Journal of Hydrology: Regional Studies**, v.23, art. no. 100604, 2019. DOI: 10.1016/j.ejrh.2019.100604

VEIJALAINEN, N.; AHOPELTO, L.; MARTTUNEN, M.; JÄ-ÄSKELÄINEN, J.; BRITSCHGI, R.; ORVOMAA, M.; BELINSKIJ, A.; KESKINEN, M. Severe drought in Finland: Modeling effects on water resources and assessing climate change impacts. **Sustainability (Switzerland)**, v.11, n.8, art. no. 2450, 2019. DOI: 10.3390/su11082450

WANG, L.; D'ODORICO, P.; EVANS, J.P.; ELDRIDGE, D.J.; MCCABE, M.F.; CAYLOR, K.K.; KING, E.G. Dryland ecohydrology and climate change: Critical issues and technical advances. **Hydrology and Earth System Sciences**, v.16, n.8, pp. 2585-2603, 2012. DOI: 10.5194/hess-16-2585-2012

WANG, X.-J.; ZHANG, J.-Y.; LIU, J.-F.; WANG, G.-Q.; HE, R.-M.; ELMAHDI, A.; ELSAWAH, S. Water resources planning and management based on system dynamics: A case study of Yulin city.

**Environment, Development and Sustainability**, v.13, n.2, pp. 331-351, 2011. DOI: 10.1007/s10668-010-9264-6

WHEELER, K.G.; HALL, J.W.; ABDO, G.M.; DADSON, S.J.; KASPRZYK, J.R.; SMITH, R.; ZAGONA, E.A. Exploring Cooperative Transboundary River Management Strategies for the Eastern Nile Basin. **Water Resources Research**, v.54, n.11, pp. 9224-9254, 2018. DOI: 10.1029/2017WR022149

YOMO, M.; MOURAD, K.A.; GNAZOU, M.D.T. Examining water security in the challenging environment in Togo, West Africa. **Water (Switzerland)**, v.11, n.2, art. no. 231, 2019. DOI: 10.3390/w11020231

ZUBAIDI, S.L.; ORTEGA-MARTORELL, S.; AL-BUGHARBEE, H.; OLIER, I.; HASHIM, K.S.; GHARGHAN, S.K.; KOT, P.; AL-KHADDAR, R. Urban water demand prediction for a city that suffers from climate change and population growth: Gauteng province case study. **Water (Switzerland)**, v.12, n.7, art. no. 1885, 2020, DOI: 10.3390/W12071885

ZUNIGA-TERAN, A.A.; MUSSETTA, P.C.; LUTZ LEY, A.N.; DÍAZ-CARAVANTES, R.E.; GERLAK, A.K. Analyzing water policy impacts on vulnerability: Cases across the rural-urban continuum in the arid Americas. **Environmental Development**, v.38, art. no. 100552, 2021. DOI: 10.1016/j.envdev.2020.100552

# GESTÃO AMBIENTAL E RISCOS DE INUNDAÇÃO NO DISTRITO DOS MECÂNICOS EM CAMPINA GRANDE - PARAÍBA

---

*Everton de Araújo Medeiros*

*Francisco de Assis Souza*

*Viviane Farias Silva*

## INTRODUÇÃO

A Gestão Ambiental tem ganhado cada vez mais um papel relevante no planejamento urbano das cidades, à medida que a cidade cresce, são aterrados córregos e lagoas, cortadas encostas e ocupadas margens de rios e áreas naturais ocasionadas principalmente pela demanda crescente por habitação, infraestrutura e saneamento (Lima; Lopes; Façanha, 2019).

Um dos grandes problemas atuais da sociedade são os resíduos sólidos, pois, devido à urbanização, o crescimento populacional e o consumo exacerbado há, como consequência, um acréscimo e diversificação no processo de geração dos resíduos sólidos, que muitas vezes são dispostos de maneira completamente inadequada (Silva *et al.*, 2020), o descarte inadequado principalmente nas áreas socioeconômicas de baixo poder aquisitivo contribui para obstruir canais de drenagem de águas pluviais e contribui para a sedimentação de rios e riachos urbanos. O Brasil é um país onde existem vários problemas urbanos provocados pelo sistema de drenagem ineficiente, especialmente nos meses mais chuvosos (Caldeira e Lima, 2020).

Entender a variabilidade da precipitação no espaço e no tempo é essencial para conhecer o seu comportamento futuro. A representação do padrão das chuvas nas regiões urbanas é ainda mais difícil, devido



às diferentes componentes que se inter-relacionam destas componentes, como: vegetação, emissão de gases pelas atividades industriais, expansão urbana, verticalização, canalização e retificação de rios, entre outras (Valverde; Cardoso; Brambila, 2018).

Assim como a maioria das cidades brasileiras, Campina Grande, segunda maior cidade do estado da Paraíba, não teve seu crescimento acompanhado por um planejamento adequado do sistema de drenagem, agravado pela topografia acidentada de algumas áreas da cidade, acentuando falhas na rede e provocando pontos de alagamentos (Araújo, 2018).

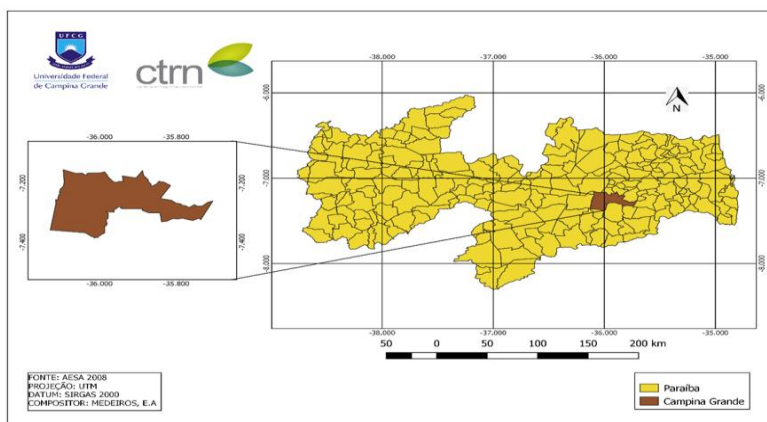
Sendo essa a realidade de moradores residentes no bairro Distrito Industrial e circunvizinhança, o objetivo deste trabalho é investigar os casos de inundação no Distrito Industrial de Campina Grande às margens do riacho do Prado, a fim de identificar os desafios inerentes da localidade e a atuação da gestão ambiental diante de ações preventivas e eventos de fortes precipitações.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA**

O município de Campina Grande (Figura 2) está localizado na mesorregião do agreste paraibano, com altitude média de 512 metros, distante 120 km da capital João Pessoa. A população é estimada em 419 mil habitantes, configurando-se como o segundo aglomerado urbano do estado da Paraíba. A cidade possui 98% das residências dotadas de abastecimento de água e 91% com rede de esgoto, segundo dados do IBGE 2022.

FIGURA 1 - LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DO MUNICÍPIO DE CAMPINA GRANDE, PB.



Fonte: Medeiros (2024).

O Distrito Industrial (Figura 2) é um importante centro de comércio de peças e conserto de automóveis e caminhões da zona sul de Campina Grande, localizado nas confluências dos bairros Tambor, Jardim Paulistano e Distrito Industrial, na bacia hidrográfica do Riacho do Prado. Trata-se de área cuja topografia é relativamente plana. Parte desta área constitui o Distrito Industrial propriamente dito, e outra parte foi loteada para usos diversos, predominando o uso residencial. Suas principais vias de acesso são as avenidas Jornalista Assis Chateaubriand, Senador Argemiro de Figueiredo e João Wallig.

FIGURA 2 - RECORTE DOS BAIRROS DO TAMBOR, JARDIM PAULISTANO E DISTRITO INDUSTRIAL E O TRECHO POR ONDE PASSA O RIACHO DO PRADO.



Fonte: Secretaria de Planejamento de Campina Grande (2015).

Para alcançar o objetivo da pesquisa foi realizado uma pesquisa bibliográfica para aprofundamento da temática na localidade, através do histórico de ocorrências, e que indique possíveis soluções em conjunto com a gestão ambiental, que por sua vez tem sido ressignificado nas últimas décadas, além da disponibilidade de material bibliográfico que trata do assunto. A pesquisa bibliográfica tem a finalidade de aprimoramento e atualização do conhecimento, mediante a investigação científica de obras já publicadas (Andrade, 2010).

Para a identificação de precipitações pluviais intensas foram utilizados dados mensais e anuais e diárias provenientes das redes de monitoramento da Agência Executiva de Gestão das Águas no Estado da Paraíba (AESAs) e da Agência Nacional das Águas e Saneamento Básico (ANA) entre o período de janeiro de 1911 a dezembro de 2023 no qual

também foram utilizados para realização das médias mensais e anuais de Campina Grande. Para análises horárias e estimativas de tempo de retorno das precipitações extremas, foram utilizados dados do pluviômetro automático localizado no bairro do Jardim Paulistano cedidos pelo Centro Nacional de Monitoramento de Desastres Naturais (CE-MADEN) no período de janeiro de 2015 a junho de 2024.

Para estimar o tempo de retorno em anos, foi utilizada a seguinte equação:

$$T = n+1/m$$

Onde T é o tempo de retorno, n+1 é o número de anos analisados dividido por m é o número de observações em que o evento ocorreu ou foi superado.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **HISTÓRICO DE ENCHENTES E SUAS CAUSAS POTENCIAIS NO DISTRITO INDUSTRIAL**

O Distrito industrial foi implantado em meados da década de 1960, mas a partir de 1980 o governo municipal construiu um espaço físico para transferir a atuação das oficinas mecânicas que estavam no centro da cidade, nascendo assim uma localidade conhecida por Distrito dos Mecânicos, (Costa Neto, 1992), uma área que faz parte de um complexo ramo da economia ligado à manutenção de veículos, fundamentais na geração de renda, porém com grande capacidade de degradação ambiental (Costa, 2011).

O Serviço Geológico do Brasil (CPRM) classificou uma área do Distrito dos Mecânicos conhecida como uma área de risco alto, segundo o relatório, nesta área, durante as épocas de chuvas ocorre o aumento

do nível da água do riacho e, assim, ocorre a inundação das casas que estão situadas nas suas margens. Também observa-se um grande acúmulo de lixo que dificulta o escoamento das águas, despejo de esgoto, falta de rede de drenagem e pavimentação e processos erosivos nas margens (Figura 3).

FIGURA 3 - RELATÓRIO DO SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (CPRM) PARA O DISTRITO DOS MECÂNICOS.



Fonte: CPRM (2013).

Mesmo com relatórios e a área já bem identificada pelos órgãos federal e municipal, as inundações continuam acontecendo, indicando que pouca ou nenhuma intervenção foi realizada na área, com imagens de circulações midiáticas antigas quanto atuais (2024) ilustradas na Figura 4.

FIGURA 4 - INUNDAÇÃO EM 13 DE FEVEREIRO DE 2011 (A); INUNDAÇÃO EM 21 DE JANEIRO DE 2020 (B) E REPORTAGEM SOBRE AS INUNDAÇÕES DO DIA 15 DE MAIO DE 2024 (C).



Fonte: A- Hugo Dantas (2011); B e C, Site G1 Paraíba (2020 e 2024).

O Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), considera uma chuva forte intensidade entre 20 a 60mm/h, em 2011 o INMET registrou em Campina Grande sete eventos de chuvas acima de 50 mm/dia, entre estes, choveu 51,2 mm/h em treze de fevereiro (Figura 4 A) e 72,4mm/h em 28 de abril, é uma chuva diária de 110,1 mm em 17 de julho, nesses eventos registraram alagamentos, inundações e prejuízos nas margens do riacho do Prado (Figura 4).

## IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS CAUSADOS PELAS INUNDAÇÕES

A compreensão dos impactos ambientais enquanto movimento e processo conduzem a uma concepção complexa das relações entre sociedade e natureza (Dickel e Godoy, 2016). A exemplo da maioria das comunidades periféricas de Campina Grande, o distrito dos mecânicos nasceu e se expandiu desprovido de projetos de organização do espaço urbano, provocando um crescimento desordenado, com ocupação irregular e impermeabilização do solo, invasões e processos de favelização elencados como sérios problemas socioambientais enfrentados pela população local. A ausência de infraestrutura básica, associada ao baixo índice de desenvolvimento humano, levou a população do distrito a conviver com a poluição e contaminação das águas pluviais, com a geração de resíduos sólidos urbanos e a falta de esgotamento sanitário adequado.

A falta de uma modelagem hidrológica e fiscalização do poder público levou a comunidade a se estender até as margens do riacho do prado e seus afluentes, com construções residenciais, onde famílias inteiras se tornaram vulneráveis socioambientalmente nas estações chuvosas, com eventos extremos provocados por precipitações pluviais elevadas de curta duração, tornando as vazões elevadas, ocupando a planície de inundação dos córregos e riachos, invadido residências e ruas que resultam em imensos prejuízos financeiros decorrentes da destruição de móveis, utensílios domésticos, alimentos e veículos automotores, além provocar doenças de veiculação hídrica.

A problemática socioambiental do distrito dos mecânicos reflete a falta de compromisso da gestão pública com o planejamento do espaço urbano, essencialmente quanto às melhorias dos índices de desenvolvimento humano que promovem condições dignas de moradia, sociabilidade, saúde, mobilidade e meio ambiente. Os órgãos ambientais e

sociais que deveriam promover uma ação preventiva conjunta, só se manifestam quando o desastre acontece, levando socorro emergencial às vítimas, voltando a permanecer em estado de inércia até a ocorrência de novo evento extremo.

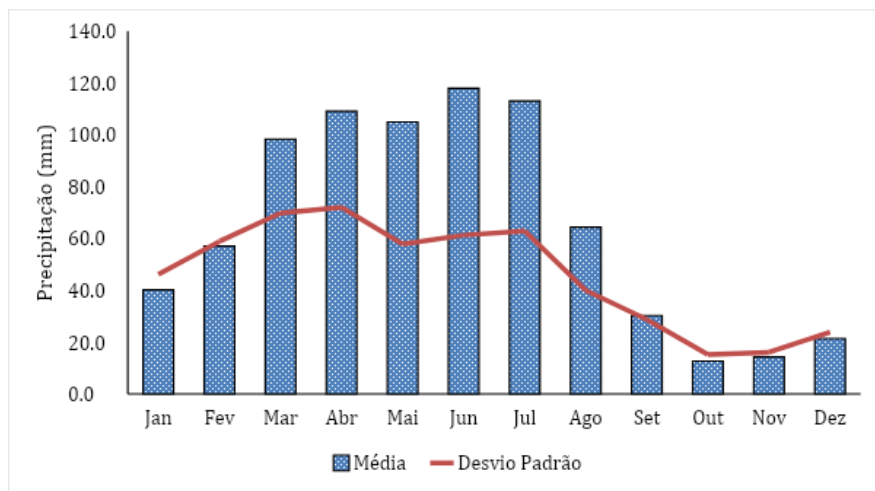
A repetição desses eventos extremos no município de Campina Grande em intervalos de tempo cada vez mais curtos e com maior intensidade, deverá chamar a atenção das autoridades locais, que deverão promover debates técnicos e audiências públicas com as comunidades diretamente afetadas, no sentido de planejar e executar ações preventivas de solução ou mitigação dos impactos decorrentes de sazonalidades pluviais atípicas, com implicação direta na melhoria da qualidade de vida das populações afetadas.

## A CLIMATOLOGIA DA PRECIPITAÇÃO EM CAMPINA GRANDE

A climatologia da precipitação mostra que as chuvas em Campina Grande se concentram nos meses de março a julho (Figura 5), com o pico no mês de junho, chovendo em média 118 mm, enquanto a estação seca se concentra de setembro a dezembro, sendo anualmente esperados 784,1 mm. O desvio padrão apresentou-se elevado nos meses de janeiro a agosto com desvios variando de até 72 mm em abril e 40 mm em agosto, em outras palavras significa que se a média de abril é 108,1 mm, em alguns anos o mês de abril pode chover 180,1 mm e em outros apenas 36 mm, em junho, o mês mais chuvoso, o desvio pode chegar a 177,8 mm como observado na Figura 5.



FIGURA 5 - MÉDIAS DA PRECIPITAÇÃO EM CAMPINA GRANDE PARA O PERÍODO DE JANEIRO DE 1911 A DEZEMBRO DE 2023.

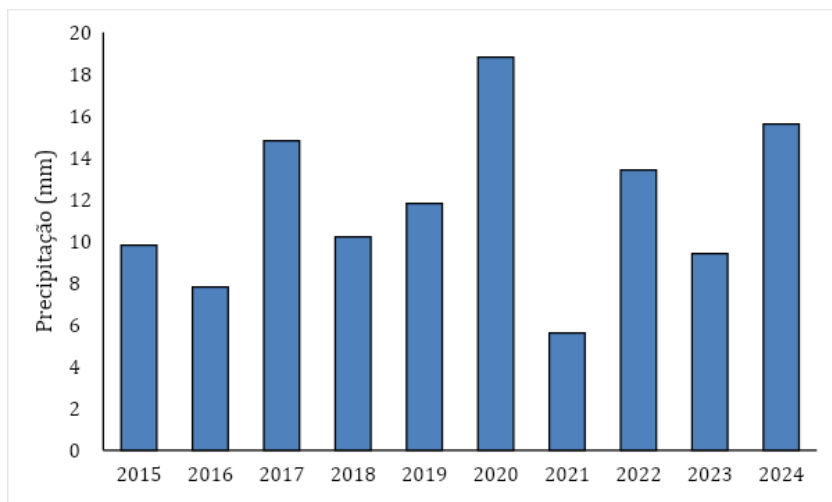


Fonte: Medeiros (2023).

## EVENTOS EXTREMOS NO RIACHO DO PRADO

Ao analisar os eventos de precipitação máxima ocorrida em um espaço de tempo de 10 minutos entre janeiro de 2015 a junho de 2024, verifica-se que em quase todos os anos as precipitações ultrapassaram os 10 mm, uma quantidade capaz de prejudicar a drenagem da localidade e proporcionar alagamentos em caso de persistência da chuva, destaca-se o ano de 2020, com ocorrência de quase 2 mm por minuto (Figura 6).

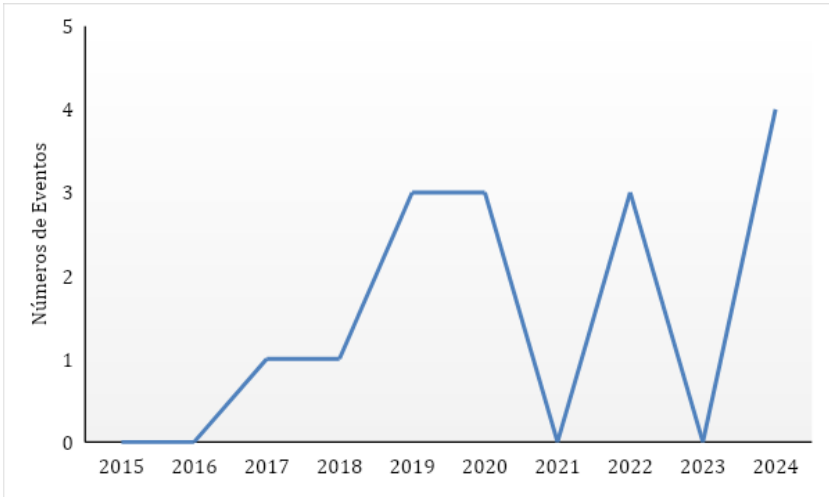
FIGURA 6 - PRECIPITAÇÃO MÁXIMA PARA 10 MINUTOS NA ÁREA DO RIACHO DO PRADO, ENTRE OS BAIROS DO JARDIM PAULISTANO E DISTRITO INDUSTRIAL NO PERÍODO DE JANEIRO DE 2015 A JUNHO DE 2024.



Fonte: Medeiros (2023).

Os altos volumes em curto espaço de tempo são destacados por Medeiros (2018) quando em sua pesquisa constatou que o Jardim Paulistano é a segunda área da cidade mais propícia a eventos extremos em curto espaço de tempo. Nesta pesquisa, o ano de 2024 até o mês de junho já é o ano com o maior número de eventos superiores a 10 mm/min para o Jardim Paulistano, seguido por 2019, 2020 e 2022 com 3 eventos. (Figura 7).

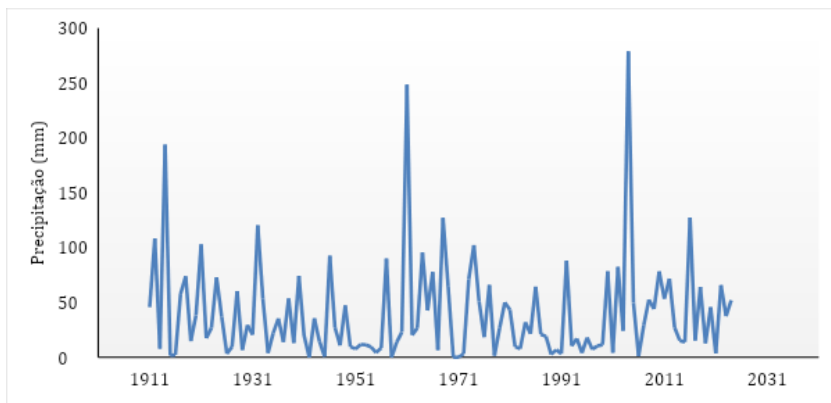
FIGURA 7- NÚMERO DE EVENTOS DE PRECIPITAÇÃO ACIMA DE 10MM/MIN NA ÁREA DO RIACHO DO PRADO, ENTRE OS BAIRROS DO JARDIM PAULISTANO E DISTRITO INDUSTRIAL NO PERÍODO DE JANEIRO DE 2015 A JUNHO DE 2024.



Fonte: Medeiros (2023)

Os meses de maiores ocorrências foram em março com 7 eventos e janeiro com 3. Os eventos de janeiro acontecem fora da quadra chuvosa, surpreendendo a população e o poder público que espera chegar mais perto dos meses chuvosos para realizar os trabalhos preventivos. Quando ocorrem os eventos fora da estação chuvosa, os canais e bueiros costumam ter excesso de lixo acumulado da estação seca que também é depositada no riacho. Na figura 8 podemos observar o histórico de precipitações ocorridas nos meses de janeiro em Campina Grande, é perceptível uma grande variabilidade ano a ano, com alguns janeiros que não chove e outros que superam os 100 e 200 mm, significando que já entre os meses de novembro e dezembro às áreas sujeitas a inundações precisam está sob ações preventivas.

FIGURA 8 - PRECIPITAÇÃO ACUMULADA PARA OS MESES DE JANEIRO ENTRE 1911 E 2024 NA CIDADE DE CAMPINA GRANDE-PB.

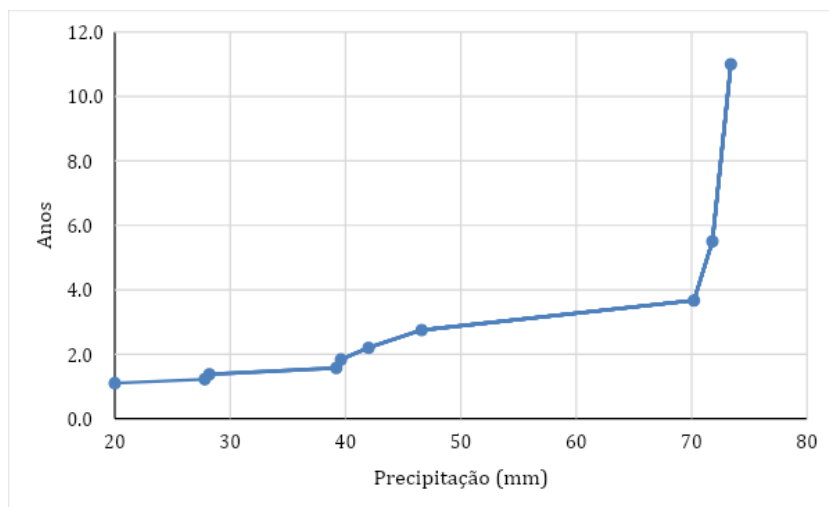


Fonte: Medeiros (2023).

## TEMPO DE RETORNO DE PRECIPITAÇÕES EXTREMAS

Quando analisa-se o tempo de retorno das precipitações máximas apenas para os bairros do Jardim Paulistano e Distrito Industrial, verifica-se que são esperadas chuvas de pelo menos 20 mm/dia todos os anos, 50 mm a cada 2 anos e 70 mm a cada 3,7 anos (Figura 9). Os resultados indicam que as precipitações com potencial para alagamentos e transtornos no riacho das piabas podem retornar com frequência, indicando que o trabalho de gestão ambiental abrange desde as melhorias na drenagem, limpeza urbana, saneamento básico, até a educação ambiental da população local.

FIGURA 9 - PERÍODO DE RETORNO DA PRECIPITAÇÃO MÁXIMA DIÁRIA ANUAL NA ÁREA DO RIACHO DO PRADO, ENTRE OS BAIRROS JARDIM PAULISTANO E DISTRITO INDUSTRIAL.



Fonte: Medeiros (2023).

Os resultados são corroborados com os de Medeiros *et al.* (2023) que identificou um período de retorno de uma precipitação de 20mm/dia a cada quatro meses em Campina Grande. Ainda que 20mm/dia não seja um volume tão expressivo, Oliveira *et al.* (2019) ao analisar o uso e ocupação do solo do riacho do Prado verificou que 80% da área é impermeabilizada, quando no Código de Obras do Município de Campina Grande fixa uma taxa máxima de 50% para escolas, hospitais e shopping centers, 60% de para lotes residenciais, 75% para lotes com outros usos, mas foi verificado que esses parâmetros não foram respeitados, dessa forma uma precipitação de 20mm/dia ainda podem ocasionar algum tipo de dano.

## APONTAMENTOS DE POSSÍVEIS SOLUÇÕES POR PARTE DE UMA GESTÃO AMBIENTAL EFICIENTE

O Serviço Geológico do Brasil sugere possíveis soluções, para a localidade, tais como a Remoção das casas localizadas na planície de inundação do riacho, construção de sistemas de drenagem eficiente para as águas pluviais e servidas, palestras visando uma conscientização ambiental, principalmente com a intenção de acabar com o despejo de lixo nos rios e margens, instalação de pluviômetros para monitoramento e alerta em alguns pontos estratégicos do município.

Otoni *et al.* (2018) estudando casos de inundações em Niterói, Rio de Janeiro, destaca que existe medidas que ajudam a mitigar os efeitos das inundações na população local, tais como a conscientização ambiental, coleta seletiva, controle do crescimento desordenado, conservação das faixas, marginais, aumento da permeabilidade do solo e reflorestamento, captação de água dos telhados, são medidas semelhantes às sugeridas pelo Serviço Geológico do Brasil para o Distrito dos Mecânicos.

Rodrigues (2021) em sua pesquisa realizada com vários países destaca que uma gestão ambiental urbana eficiente, busca implantar pavimentos permeáveis, jardins de chuva, biovaleta gramadas, corredores verdes, se necessário troca de vegetação e restauração da mata ciliar e estimulação por parte dos moradores para implantação de telhados verdes, como forma de prevenir ou mitigar as áreas sujeitas às inundações. Sugestões que são aptas a serem implantadas nas margens do riacho do Prado.

É fundamental que uma gestão ambiental municipal tenha planos, metas e indicadores de sustentabilidade para alcançar, pois elas podem promover benefícios para os gestores públicos e para a população em diferentes frentes de atuação (Struchel e Menezis, 2019). No Brasil há diversos mecanismos de implantação de planos de desenvolvimento

urbano, no caso dos planos municipais, por exemplo, pode-se citar como principais legislações práticas o Plano Diretor e Leis de Uso e Ocupação do Solo (Bento *et al.*, 2018).

Soluções e sugestões ao nível nacional, internacional e planos subsidiados por leis municipais estão à disposição para que a gestão ambiental municipal tenha uma atividade eficiente nas áreas vulneráveis a inundações, somados a esses fatores, as pesquisas desenvolvidas na localidade bem como o conhecimento do comportamento dos períodos e volumes de chuvas são essenciais para que as implementações de medidas tenha êxito.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A história do Distrito dos Mecânicos revela que as inundações ocorrem há muitos anos e quase nada de efetivo foi realizado, o crescimento desordenado às margens do riacho juntamente com falta da mata ciliar reduz a capacidade do escoamento das águas do riacho, especialmente na estação chuvosa.

A estação chuvosa de Campina Grande se estende de março a julho, porém possui um desvio padrão elevado de janeiro a agosto, superando os 50% da média. Apesar de janeiro não fazer parte da estação chuvosa, foi o mês que registrou 3 eventos extremos entre 2015 e 2024, demonstrando a dinâmica das variabilidades climáticas e que as ações preventivas precisam ser realizadas muito antes da estação chuvosa.

As precipitações mostraram que a localidade do Jardim Paulistano e Distrito Industrial às margens do riacho do prado está sujeita a receber grandes volumes em curto espaço de tempo todos os anos entre janeiro a maio, superando 10mm em 10 minutos até 4 vezes no mesmo ano. O tempo de retorno das chuvas indica que a localidade está sujeita à chuva acima de 20 mm/dia todos os anos, 50mm/dia a cada 2 anos e acima de 70 mm/dia a cada 3,7 anos.

As soluções para a resolução da problemática é diversa, uma gestão ambiental eficiente pode utilizar-se de exemplos nacional e internacionalmente como desenvolvimentos de programas de conscientização ambiental, coleta seletiva intensificada, controle do crescimento desordenado, conservação das faixas marginais do riacho, aumento da permeabilidade do solo pelo reflorestamento, captação de água dos telhados até novas técnicas como os pavimentos permeáveis, jardins de chuva e telhados verdes.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, M. M. **Introdução à metodologia do trabalho científico: elaboração de trabalhos na graduação**. São Paulo, SP: Atlas, 2010.

ARAÚJO, A. S. **Avaliação do desempenho da drenagem urbana em Campina Grande - PB**. 2018. 61f. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia), Curso de Bacharelado em Engenharia Civil, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande - Campina Grande - Paraíba - Brasil, 2018. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/25114>

BENTO, S. C; CONTI, D. M; BAPTISTA, R. M; GHOBIL, C. N. As novas diretrizes e a importância do planejamento urbano para o desenvolvimento de cidades sustentáveis. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 7, n. 3, p. 469-488, 2018.

CALDEIRA, L. A. C; LIMA, D. P. Drenagem urbana: uma revisão de literatura. **Engineering Sciences**, v. 8, n. 2, p. 1-9, 2020.



COSTA, C. J. S. **Diagnóstico socioambiental do despejo de óleos lubrificantes automotivos: o caso do distrito dos mecânicos em Campina Grande-PB.** In: II Seminário Nacional Fontes Documentais e Pesquisa Histórica: Sociedade e Cultura. GT 04 - História, Meio Ambiente e Questões Étnicas. Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), 2º, 2011. Anais [...]. Campina Grande - PB, 2011. p. 1-6. ISSN: 2176 4514. Disponível em:  
<http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/34861>

COSTA NETO, F. A. **O Distrito dos Mecânicos em Campina Grande (1980-1992)**. 64f. (Trabalho de Conclusão de Curso - Monografia), Curso de Bacharelado em História, Centro de Humanidades, Universidade Federal da Paraíba - Campus II - Campina Grande - Paraíba - Brasil, 1992. Disponível em:  
<http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/28516>

DICKEL, M. E. G; GODOY, M. B. R. B. Desastres ambientais e impactos socioambientais: inundações no município de Itaóca-SP: Bacia Hidrográfica como unidade de planejamento e gestão de riscos. **Caderno de Geografia**, v. 26, n. 47, p. 737-759, 2016.

Secretaria de Planejamento de Campina Grande. Disponível em:  
<https://campinagrande.pb.gov.br/secretarias-e-orgaos/>

Globo Play. **Forte chuva causa enchente em Campina Grande, na Paraíba**. Disponível em: <https://globoplay.globo.com/v/8255165/>  
MCTI. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais. Disponível em:  
<https://www.gov.br/cemaden/pt-br>

MME. Ministério de Minas e Energia. **Serviço Geológico do Brasil**. Disponível em: <https://www.sgb.gov.br/>

LIMA, S. M. S. A; LOPES, W. G. R; FAÇANHA, A. C. Desafios do planejamento urbano na expansão das cidades: entre planos e realidade. urbe. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v. 11, p. e20180037, 2019.

MEDEIROS, E. A. 2019. **Variabilidade Espaço-Temporal da Chuva na Cidade de Campina Grande, PB**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, Paraíba, Brasil, 47p.

MEDEIROS, E. A; ARAÚJO, H. M. C. de; MARTINS, M. F.; PRADO JÚNIOR, L. S. Panorama de problemas relacionados a chuvas em Campina Grande como um novo indicador de desenvolvimento sustentável. **Revista Brasileira de Filosofia e História**, [S. l.], v. 12, n. 1, p. 630 –, 2023.

OLIVEIRA, S. H; LIMA, A. R. B; ARAUJO, A. A. Q; FARIAS, W. C. P; NASCIMENTO, R. S. **Simulação para avaliação do comportamento do escoamento no sistema de drenagem de águas pluviais em sub-bacia da cidade de Campina Grande-PB**. 2019. In: I Congresso Internacional de Meio Ambiente e Sociedade.

OTTONI, A. B; MATTOS, F. C. C. S. OTTONI, M. L. S. O. Análise Crítica da Obra do Reservatório de Amortecimento (“Piscinão”) da Praça Niterói, Rio de Janeiro-RJ e Proposição de Soluções com Sustentabilidade Ambiental para o Controle das Inundações na Região. **Revista Científica ANAP Brasil**, v. 11, n. 23, 2018.

RODRIGUES, M. S. C. **Oportunidades e desafios para a utilização de soluções baseadas na natureza no combate de inundações urbanas na cidade de São Paulo/ SP-Brasil.** 2021. 114 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Cidades Inteligentes e Sustentáveis) - Universidade Nove de Julho, São Paulo.

SILVA, M. H. C; LIMA, L. N. F; SILVA, S. S; SILVA, B. V; TAVARES, H. S. A; FALCÃO, W. H. R; SOUSA, M. L. P. S; LIMA, S. C. Resíduos sólidos: o uso da gestão ambiental como ferramenta para o manejo adequado do lixo urbano. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 11, p. 85668-85677, 2020.

STRUCHEL, A. C. O; MENEZES, R. **Gestão ambiental para cidades sustentáveis.** Oficina de Textos, 2019.

VALVERDE, M. C; CARDOSO, A. O; BRAMBILA, R. O padrão de chuvas na região do ABC Paulista: os extremos e seus impactos. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 22, 2018.

# **GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS: EFETIVAÇÃO POR MEIO DE UM CONSÓRCIO PÚBLICO INTERMUNICIPAL LOCALIZADO EM UIRAÚNA – PB**

---

*Jamilton Costa Pereira*

*Maria de Fátima Nóbrega Barbosa*

## **INTRODUÇÃO**

A Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Urbanos (GIRSU) é um processo complexo que envolve múltiplos critérios e aspectos (Brasil, 2010) que devem ser planejadas pelos gestores públicos para que possam orientar e definir as melhores alternativas para trilhar caminhos adequados. Dessa forma a GIRSU precisa ser abrangente devendo atender as diversas variáveis de forma interconectadas como também de forma integrada, conforme preconiza a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) instituída pela Lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010 que foi regulamentada pelo Decreto nº 10.936, de 12 de janeiro de 2022 e atualizada pelo novo Marco Legal do Saneamento Básico (MLSB) instituída pela Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020.

De acordo com o Art. 3º da PNRS (Brasil, 2010), a GIRSU pode ser entendida como um “conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável” (Brasil, 2010). Sendo assim, a abordagem da GIRSU de forma estruturada pressupõe, além dos elementos fundamentais, a consideração de suas diversas dimensões (Romani; Segala, 2014).

Ainda segundo a PNRS (Brasil, 2010) a articulação entre as dimensões da GIRSU envolve a “[...] cooperação entre as diferentes esferas do poder público, o setor empresarial e demais segmentos da sociedade” (Brasil, 2010, Art. 6º) “[...] articulação entre as diferentes esferas do poder público, e destas com o setor empresarial, com vistas à cooperação técnica e financeira para a gestão integrada de resíduos sólidos” (Brasil, 2010, Art. 7º) “[...] cooperação técnica e financeira entre os setores público e privado para o desenvolvimento de pesquisas de novos produtos, métodos, processos e tecnologias de gestão, reciclagem, reutilização, tratamento de resíduos e disposição final ambientalmente adequada de rejeitos” (Brasil, 2010, Art. 8º). Além da integração de políticas públicas e programas que envolvam o legislativo, de modo a garantir recursos para implantação das ações referentes aos resíduos sólidos (Romani; Segala, 2014).

Observa-se que a GIRSU deve ocorrer de forma compartilhada por diversos atores, sendo assim [...] podemos perceber que as expectativas do cumprimento da PNRS trazem adequações necessárias e benéficas a diversos setores da sociedade, como o social, ambiental e econômico, fazendo com que essa Política seja o maior e mais importante instrumento de gestão socioambiental de resíduos sólidos no Brasil (Bicalho, 2014, p. 52).

A GIRSU deve estar articulada com diversas etapas do gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos (RSUs): a) coleta seletiva; b) transporte; c) transbordo d) métodos de tratamento e) destinação correta e f) disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (Brasil, 2010, Art. 3º), existindo assim a necessidade de um planejamento cuidadoso, com metas e objetivos alcançáveis.

É importante ressaltar que as atividades voltadas ao gerenciamento de RSUs se apresentam como um viés de caráter aparentemente prático, já a GIRSU é influenciada por diversos fatores, uma vez que o termo “gestão”, por envolver diferentes aspectos (político, econômico,

ambiental, cultural e social) é mais abrangente que o termo “gerenciamento”. Sendo assim, a GIRSU “apresenta caráter multidimensional, considerada temática complexa e ampla, que envolve problemáticas de saúde pública, possuindo também valor social, econômico e ambiental” (Oliveira *et al.*, p. 279, 2021).

Diante desse contexto, considerando os diferentes instrumentos da PNRS (Brasil, 2010), a efetivação da GIRSU que têm se mostrado como alternativas para o gerenciamento da gestão pública quanto aos problemas ambientais, criando dessa forma expectativas positivas para os gestores públicos, é que objetivou-se analisar a efetivação da GIRSU por meio do Consórcio Intermunicipal de Desenvolvimento Sustentável e Inovação do Estado da Paraíba (CONDESPB) localizado no município de Uiraúna - PB no período de 2011 a 2024.

## REFERENCIAL TEÓRICO

Como alternativa para solucionar a problemática dos RSUs nos municípios brasileiros, seria o planejamento da GIRSU a partir de Protocolo de Intenções de uma proposta de criação Consórcio Público<sup>6</sup> ou consórcios administrativos<sup>7</sup> seguindo os aspectos normativos da orientação nacional (Lei nº 11.107/2005 e a Lei nº 12.305/2010), uma vez que de acordo com o Art. 3º da Lei nº 11.107/2005 "o consórcio público será constituído por contrato cuja celebração dependerá da prévia subscrição de protocolo de intenções" (Brasil, 2005, Art. 3º).

---

<sup>6</sup> “pessoa jurídica formada exclusivamente por entes federativos, na forma da Lei no 11.107, para estabelecer relações de cooperação federativa, inclusive a realização de objetivos de interesse comum, constituída como associação pública, com personalidade jurídica (Machado; Andrade, 2014, p. 707).

<sup>7</sup> “constituído antes da Lei no 11.107”, pelo que configura “pacto de mera colaboração (sem personalidade jurídica) ou associação civil, regida pelo direito privado, que poderá ser convertido para consórcio público” (Machado; Andrade, 2014, p. 707).

A GIRSU<sup>8</sup> de forma associada por meio de consórcios públicos municipais ou convênio de cooperação é uma das alternativas para o encerramento dos lixões em prol da disposição adequada de resíduos sólidos ou rejeitos em aterro sanitário. Nesse sentido, os Consórcios Públicos Intermunicipais, instituídos pela Lei nº 11.107/2005 se apresentam no cenário nacional, como alternativa para adequação dos municípios à PNRS (Brasil, 2010), haja vista, tratar-se da união de recursos e esforços dos municípios integrantes com a finalidade de alcançar um objetivo comum. Em outras palavras, visa desenvolver ações e programas para atrair investimentos para determinada finalidade, ou racionalizá-los. Sendo assim, de acordo com Peralta & Antonello (2014, p. 4025).

A PNRS prioriza atendimento aos municípios consorciados em detrimento aos pedidos isolados. Prescreve que os consórcios públicos têm prioridade na obtenção dos incentivos definidos pelo Governo Federal, reforçando-os como mecanismo para solucionar os débitos dos municípios que ainda fazem uso de lixões e aterros controlados.

É vale ressaltar que de acordo com o Art. 45 da PNRS (Brasil, 2010) “os consórcios públicos constituídos, nos termos da Lei nº 11.107, de 2005, com o objetivo de viabilizar a descentralização e a prestação de serviços públicos que envolvam resíduos sólidos, têm prioridade na obtenção dos incentivos instituídos pelo Governo Federal” (Brasil, 2010, Art. 45).

As inovações ou mudanças propostas pela PNRS (Brasil, 2010), trazem melhorias significativas para os municípios, pois fornece aparato legal que sugerem alternativas que possibilitam os municípios

---

<sup>8</sup> O Art. 30, inciso V, da CF/88 determina que os municípios possuem a responsabilidade de organizar e oferecer, diretamente ou sob regime de concessão ou permissão, os serviços públicos de interesse local.

amenizar os problemas causados pela má gestão dos RSUs por meio de medidas como a implantação de coleta seletiva, inclusão de catadores de matérias recicláveis, instituição de cooperativas/associações, destinação adequada dos RSUs, com implantação de aterros sanitários, proposição de consórcios públicos intermunicipais e também a criação de legislação própria ou um plano municipal que dê suporte às ações empreendidas no município (Brasil, 2010, Art. 7º).

Os consórcios públicos intermunicipais instituídos pela Constituição Federal (CF/88) e pela Lei dos Consórcios Públicos (Brasil, 2005), estão assentados na lógica do federalismo cooperativo ao se apresentarem sob as formas de consórcios públicos ou consórcios administrativos como uma estratégia de gestão baseada na cooperação federativa, em que os municípios, diante dos problemas de implementação de políticas públicas, não conseguem resolver sozinhos e se associam (criam arranjos ou redes de cooperação) com outros municípios para obterem um melhor desempenho para solucionar problemas que ocorrem em territorialidades multimunicipais, em áreas como saúde, meio ambiente e infraestrutura (Spink, Teixeira, Clemente, 2009; Oliveira, 2018; Carvalho Filho, 2020).

Sendo assim, o consórcio público pode ser considerado como toda “pessoa jurídica formada exclusivamente por entes federativos, na forma da Lei nº 11.107, para estabelecer relações de cooperação federativa, inclusive a realização de objetivos de interesse comum, constituída como associação pública, com personalidade jurídica” (Machado; Andrade, 2014, p. 707). Já o consórcio administrativo trata-se de um “pacto de mera colaboração (sem personalidade jurídica) ou associação civil, regida pelo direito privado, que poderá ser convertido para consórcio público” (Machado; Andrade, 2014, p. 707).

O arranjo cooperativo proporcionado pelos consórcios públicos intermunicipais tem sido apontado como uma alternativa para a solução dos diversos problemas existentes nos municípios, compartilhamento e



produção de valores e viabilização de serviços públicos comuns, principalmente na área ambiental (Matos; Dias, 2012). Neste sentido o Ministério do Meio Ambiente (MMA) recomenda dentre as primeiras opções para os municípios

[...] deve ser a busca de soluções compartilhadas com municípios vizinhos, implantadas por meio de consórcios públicos que reúnam não apenas os municípios que compartilham cada unidade de tratamento e disposição final de resíduos sólidos, mas um conjunto mais amplo de municípios e de instalações (quando possível), que permita alcançar a escala ótima para a prestação dos serviços, garantindo-se o padrão técnico exigido no país e a sustentabilidade ambiental, social e econômica (MMA, 2010).

Outrossim, também fomentando a adoção de consórcios públicos pelos municípios, o Tribunal de Contas da União (TCU) proferiu por meio do Acórdão 2067/2008 (Brasil, 2008) as seguintes recomendações à Fundação Nacional da Saúde (FUNASA):

9.2.2. identifique e divulgue para os municípios, utilizando, inclusive, a página da Funasa na internet, os casos bem sucedidos de consórcios para o gerenciamento de resíduos sólidos no Brasil e as boas práticas na execução da Ação 11KO; 9.2.3. divulgue para estados e municípios informações técnicas necessárias para a formação de consórcios, utilizando, inclusive, a página da Funasa na internet (Brasil, 2008).

Considerando o consórcio público como importante alternativa ao tratamento conjunto à questão da disposição final ambientalmente correto dos RSUs, a PNRS (Brasil, 2010)<sup>9</sup> estabelece que “[...] § 1º Serão

---

<sup>9</sup> A PNSB (BRASIL, 2007) também incentiva a formação de Consórcios Públicos.

priorizados no acesso aos recursos da União referidos no *caput* os Municípios que: I - optarem por soluções consorciadas intermunicipais para a gestão dos resíduos sólidos” (Brasil, 2010, Art. 18).

Segundo o Ministério das Cidades (MCidades), a criação de consórcios públicos são instrumentos considerados técnicos e de cenários e bastantes importantes para a efetivação da GIRSU, uma vez que com a construção de um aterro sanitário para um município de 50 mil hab. teria um maior custo (50% maior) em relação um aterro sanitário para 100 mil habitantes. Dessa forma, o município ao invés de construir um aterro sanitário de forma individual, podem se juntar com outros municípios por meio de consórcio intermunicipais (MCidades, 2015).

Percebe-se que, considerando a maior dificuldade de municípios de pequeno porte na GIRSU, especialmente no que se refere à necessidade de financiamento relacionados aos empreendimentos para disposição final de forma adequada (aterro sanitário) dos rejeitos, a criação de consórcios públicos intermunicipais referentes a políticas públicas ambientais sobre GIRSU, demonstra-se uma boa alternativa para a efetivação da mesma nos municípios.

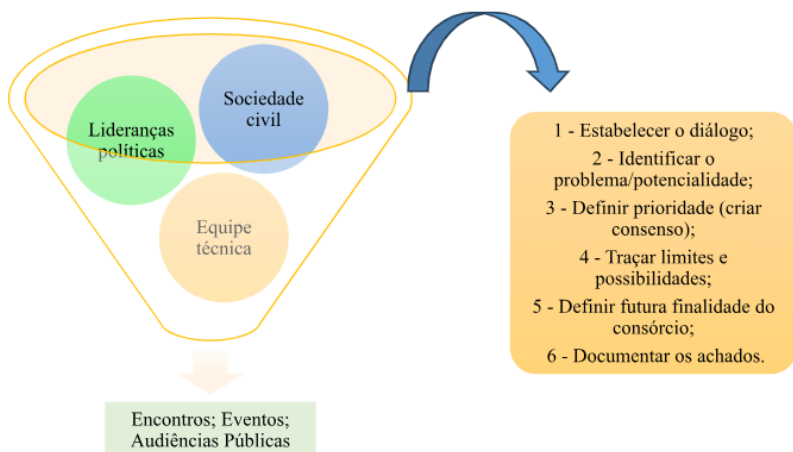
As possibilidades de atuação dos consórcios públicos são bastante amplas e perpassam várias áreas, e estão disciplinadas no Art. 3º do Decreto 6.017/2007, ademais, o surgimento dos Consórcios Públicos decorre principalmente

[...] da iniciativa autônoma dos municípios que resolvem atuar de forma cooperada em torno de uma questão comum. A sua criação pode ser consequência da vontade própria do município, pode ser induzida por um ator externo do mesmo patamar (por exemplo um município vizinho), ou por um ator externo de patamar distinto (por exemplo governo federal ou governo estadual) (Caldas, 2007, p. 50).

Dessa forma, na constituição de um consórcio (Figura 1), o primeiro passo é identificar os interesses e problemas comuns de um

município, estabelecendo de forma precisa o que será possível fazer por meio da gestão associada como “quais problemas poderiam ser resolvidos com ênfase naquilo que não pode ser elucidado isoladamente e quais potencialidades poderiam ser desenvolvidas/aprimoradas de maneira conjunta (Marques, 2021, p. 50).

FIGURA 1 - 1º PASSO PARA CONSTITUIÇÃO DE UM CONSÓRCIO PÚBLICO.



Fonte: Elaboração própria com base na CNM (2016).

É possível observar que nos primeiros momentos da formação de um consórcio público, deve-se elaborar documentos de forma sistematizada para que as informações e as decisões de forma coletiva não se percam, como dados, estatísticas, estratégias, entre outros instrumentos que sejam considerados importantes para a formalização do consórcio. Já os demais passos para a criação de um Consórcio Público consistem em:

2º passo Elaborar Estudos de Viabilidade Técnica;  
3º passo: Elaborar o Protocolo de Intenções 4º  
passo: Ratificar o Protocolo de Intenções; 5º passo:

Elaborar o Estatuto do Consórcio Público 6º passo: Efetivar o Cadastro Nacional de Pessoas Jurídicas (CNPJ); 7º passo: Realizar ajustes orçamentários e firmar o Contrato de Rateio; 8º passo: Estruturar órgãos decisórios e equipe técnica; 9º passo: Outras providências para o funcionamento do consórcio; 10º passo: Retirada, exclusão, alteração ou extinção do consórcio (CNM, 2016, p. 53).

A elaboração do Estatuto de Viabilidade Técnica e Protocolo de Intenções são considerados os principais passos para a constituição de um Consórcio, pois é nessa etapa que se deve escolher o modelo organizacional (temática ou multifinalitária) com atividades-fim ou meio. De acordo com §1º do Art. 3º do Decreto Nº 6.017/2007, os consórcios multifinalitários possuem mais vantagens por permitirem agrupar várias demandas com atividades-fim ou meio em uma mesma pessoa jurídica, otimizando desta forma as estruturas de pessoal, equipamentos, materiais e instalações para gerenciar os programas que serão implementados no decorrer do processo evolutivo do consórcio a ser consolidado a partir do 7º passo (CNM, 2016).

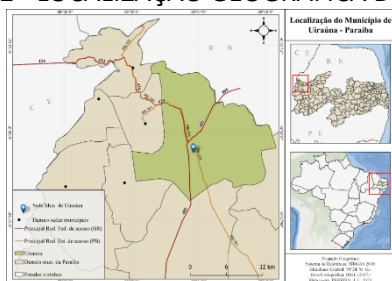
No Brasil, a principal base de dados sobre os Consórcios Públicos (entidade multi-institucional) sem fins lucrativos, é o Observatório dos Consórcios da Confederação Nacional dos Municípios (CNM), formado no ano de 2011 por meio de memorando de entendimentos entre a Frente Nacional dos Prefeitos (FNP), o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) e a Caixa Econômica Federal (CEF). Desta feita “O Observatório Municipalista de Consórcios Públicos Intermunicipais tem como objetivo o apoio aos consórcios intermunicipais e o estímulo à análise sobre a agenda e os desafios dos consórcios entre entes públicos” (Baldissera, 2015, p. 45).

## **MATERIAL E MÉTODOS**

## RECORTE ESPAÇO-TEMPORAL E LOCALIZAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa teve como recorte espacial, o Consórcio Intermunicipal de Desenvolvimento Sustentável e Inovação do Estado da Paraíba (CONDESPB), localizado no município de Uiraúna - PB, região imediata de Sousa, região intermediária de Sousa-Cajazeiras, Nordeste do Brasil, conforme pode-se observar na Figura 2.

FIGURA 2 - LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DO CONDESPB.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

De acordo com dados divulgados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), O CONDESPB, que é composto por 12 municípios, atendendo uma população total de 161.780 habitantes, unidade territorial de 2.735,869 km<sup>2</sup>, densidade demográfica de 382,51 hab./km<sup>2</sup>, Produto Interno Bruto (PIB) *per capita* de 107.339,38 e Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de 4,779 (IBGE, 2022).

Já no que se refere ao recorte temporal da pesquisa, considerou-se o período de 2011 (ano de criação e início das atividades do CONDESPB) e a 2024 (ano referência para finalização da coleta de dados pesquisados).

## PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

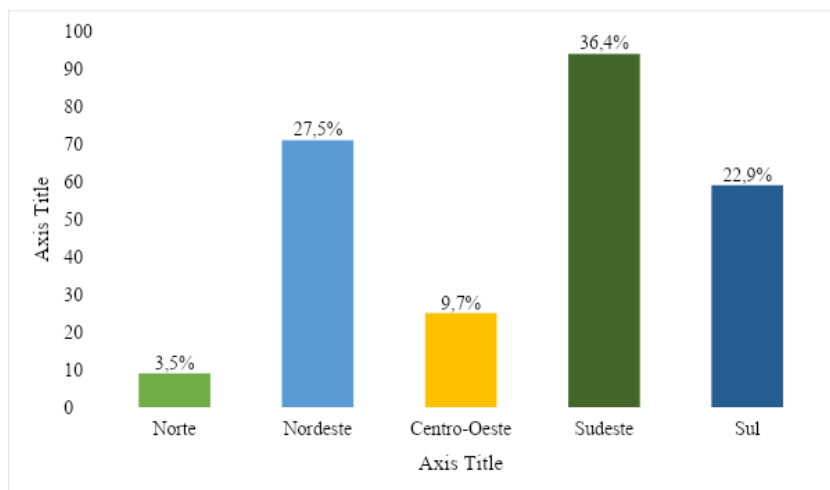
O procedimento metodológico dessa pesquisa parte da taxonomia utilizada por Vergara (2017), nos seguintes aspectos: a) quanto aos fins, que consiste em uma pesquisa exploratória, descritiva e abordagem qualitativa; b) quanto aos meios, que consiste em uma pesquisa bibliográfica e documental, cuja operacionalização ocorreu a partir de fontes primárias e secundárias como periódicos eletrônicos, e-books, anais de eventos e banco de dados com domínios públicos (Marconi, Lakatos, 2020; Vergara, 2015).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **CONSÓRCIO PÚBLICO COM ÁREA DE ATUAÇÃO EM RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL**

A GIRSU de forma associada por meio de consórcios públicos intermunicipais ou convênio de cooperação é uma das alternativas para o encerramento dos lixões em prol da destinação final dos RSUs e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. Sendo assim, de acordo com o Observatório dos Consórcios da Confederação Nacional dos Municípios (CNM), somente no Brasil foram registrados 258 consórcios públicos com área de atuação em Saneamento - Resíduos Sólidos - (CNM, 2022), com distribuição nas Regiões Geográficas: Norte (9); Nordeste (71); Centro-Oeste (25), Sudeste (94) e Sul (59), conforme pode-se observar a sua distribuição percentual na Figura 3.

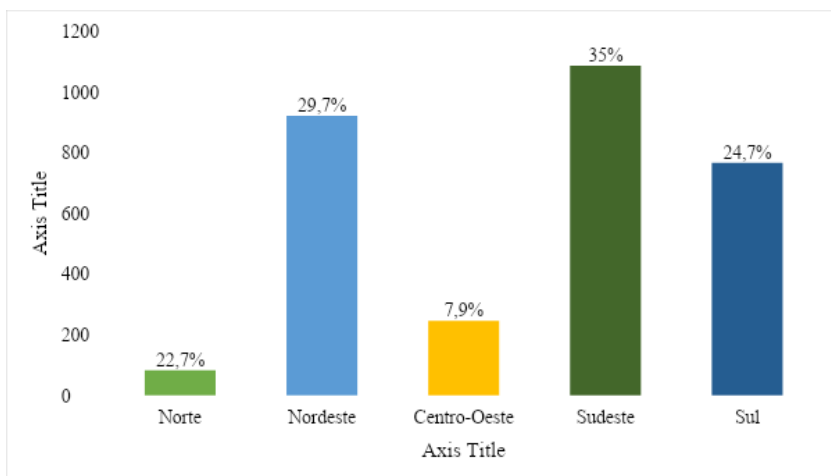
FIGURA 3 - CONSÓRCIOS PÚBLICOS SOBRE RSUS NO BRASIL.



Fonte: Elaborado pelo autor com base na CNM (2022).

Observa-se que a região Norte é a que possui menor quantitativo de consórcios públicos, por outro lado, já a região Sudeste é a que representa o maior percentual. Já no que se refere ao número de municípios consorciados, até 2022, o Brasil possuía um total de 3.101 municípios com área de atuação “Saneamento (Resíduos Sólidos)” representa 55,7% do total de municípios, com distribuição nas Regiões Geográficas: Norte (83); Nordeste (921); Centro-Oeste (245), Sudeste (1086) e Sul (766), conforme pode-se observar a sua distribuição percentual na Figura 4.

FIGURA 4 - MUNICÍPIOS CONSORCIADOS NO BRASIL.



Fonte: Elaborado pelo autor com base na CNM (2022).

A partir da leitura do gráfico, é possível observar ainda que do total de municípios consorciados, a região Norte também é a que representa um menor quantitativo de municípios consorciados, e a região Sudeste, a de maior representatividade. Ademais, é possível ter uma melhor compreensão da distribuição dos consórcios públicos por estados e Regiões Geográficas no Brasil, bem como o número de municípios consorciados, por meio do Quadro 1.



QUADRO 1 - CONSÓRCIOS PÚBLICOS SOBRE RSUS NO BRASIL.

Regiões Geo-gráficas	Estados do Brasil	Consórcios públicos	Total	Municípios consorciados	Total
Norte	Amazonas	-	9		83
	Amapá	-			
	Roraima	-			
	Pará	2		11	
	Tocantins	5		22	
	Rondônia	2		49	
	Acre	-		1	
Nordeste	Maranhão	5	71	94	921
	Piauí	2		11	
	Ceará	20		151	
	Rio Grande do Norte	4		80	
	Pernambuco	8		115	
	Paraíba	1		12	
	Sergipe	4		72	
	Alagoas	6		95	
	Bahia	21		291	
Centro-Oeste	Mato Grosso	10	25	96	245
	Mato Grosso do Sul	5		51	
	Goiás	9		97	
	Distrito Federal	1		1	
Sudeste	São Paulo	31	94	411	1086
	Rio de Janeiro	3		23	

Regiões Geográficas	Estados do Brasil	Consórcios públicos	Total	Municípios consorciados	Total
	Espírito Santo	4		40	
	Minas Gerais	56		612	
Sul	Paraná	19	59	209	766
	Rio Grande do Sul	20		319	
	Santa Catarina	20		238	
<b>Total</b>	<b>24</b>	<b>258</b>		<b>3101</b>	

Fonte: Elaborado pelo autor com base na CNM (2022).

É possível observar que Minas Gerais localizado na Região Sudeste, é o único Estado considerado com maior número de consórcios possuindo um total 56 consórcios públicos intermunicipais e 612 municípios consorciados. Em contrapartida, a Paraíba localizada na Região Nordeste é o único Estado que possui o menor número de consórcio público sobre resíduos sólidos, possuindo um total de 12 municípios consorciados. Constatou-se que estes municípios integram um único consórcio denominado de CONDESPB, localizado na cidade de Uiraúna - PB.

#### CONSÓRCIO PÚBLICO INTERMUNICIPAL DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E INOVAÇÃO DO ESTADO DA PARAÍBA (CONDESPB)

O CONDESPB<sup>10</sup>, foi instituída em 13 de junho de 2011, sob a forma de associação pública, sem fins lucrativos, com personalidade jurídica de direito público, que antes tinha a denominação de Consórcio Intermunicipal de Desenvolvimento Regional da Nascente do Rio do Peixe (CIDR-NRP) com composição dos municípios de Joca Claudino, Bernardino Batista, Poço Dantas e Poço José de Moura, com integração do município de Uiraúna em 2016.

O CIDR-NRP tinha como finalidade a descentralização e legitimação das ações da política municipal de resíduos sólidos, tendo como principal atividade econômica estabelecida em seu estatuto, à coleta seletiva de resíduos não perigosos, e como atividades econômicas secundárias, a coleta seletiva de resíduos perigosos, tratamento e disposição de resíduos não perigosos, recuperação de materiais plásticos, recuperação de sucatas de alumínio, recuperação de materiais metálicos, exceto alumínio e usinas de compostagem.

Em 2019, o Consórcio Intermunicipal que antes tinha a GIRSU como principal finalidade, passou por uma reestruturação alterando a sua denominação para Consórcio Intermunicipal de Desenvolvimento Sustentável e Inovação do Estado da Paraíba (CONDESPB)<sup>11</sup> aplicando as suas atividades desenvolvidas e alterando a Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE) para outras áreas: a) Execução de obras de infraestruturas hídricas; b) Obras de saneamento básico; 3) Gestão de programas e projetos na área de arborização urbanas; c) Gerenciamento de resíduos sólidos; d) Gerenciamento de abatedouros públicos entre outras como as área de conservação e preservação do

---

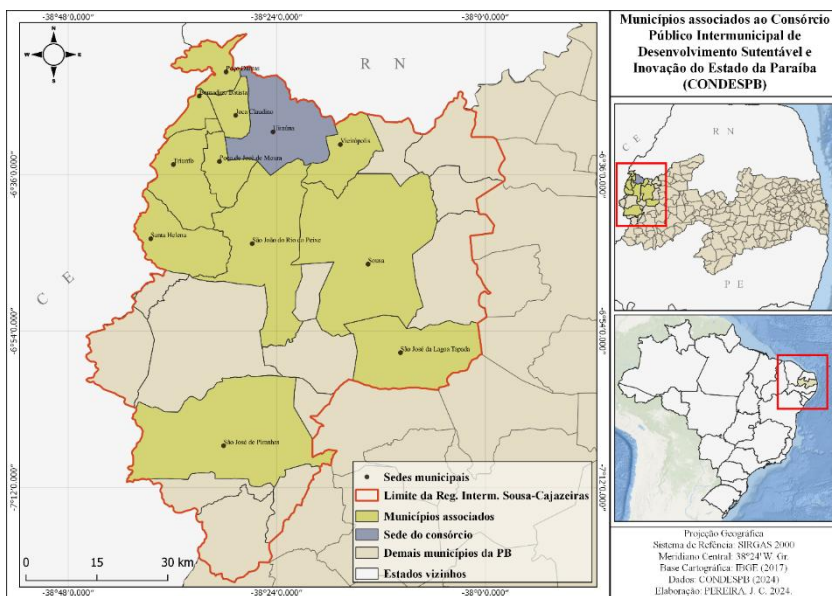
<sup>10</sup> Com inscrição no CNPJ nº 14.593.429/0001-44, localizado na Rua Major José Fernandes, 346, Centro, Uiraúna - PB, CEP: 58.915-000, telefone: (83) 9.9912-7185, e-mail: cidr-nrp@hotmail.com site: <https://condespb.com.br>.

<sup>11</sup> O CONDESPB constituiu-se sob a forma de associação pública, de natureza autárquica, regendo-se pelo Estatuto de Consórcio Público, pela Lei nº. 11.107/2005, Decreto nº. 6.017/2007 e demais legislações aplicáveis à espécie e regulamentação de seus órgãos.

meio ambiente, que se dá em parcerias com o governo Federal e Estadual (CONDESPB, 2019, Art. 7º).

Nesse mesmo ano, o referido Consórcio Intermunicipal, recebeu a adesão dos gestores (prefeitos) públicos dos municípios de Sousa, São José da Lagoa Tapada, Triunfo, Santa Helena e Veirópolis (Marques, Lima Júnior, 2019) com integralização de mais dois municípios: São José de Piranhas e São João do Rio do Peixe no ano de 2020, totalizando assim doze municípios consorciados, conforme pode-se observar na Figura 5.

FIGURA 5 - MUNICÍPIOS MEMBROS DO CONDESPB.



Fonte: Elaborado pelo autor (2024).

Em 2024 o CONDESPB passou por mais uma reestruturação alterando a sua denominação para Consórcio Público Intermunicipal de Desenvolvimento Sustentável, Inovação e Saúde do Estado da Paraíba

aplicando as suas atividades desenvolvidas e alterando a CNAE para outras áreas como a de saúde.

Foi possível observar que as ações do CONDESPB estão divididas em três períodos. O primeiro é referente a sua estruturação como CIDR-NRP que ocorreu entre 2011 a 2018, o segundo que se refere a reestruturação como CONDESPB, que ocorreu no período de 2019 a 2023 e o terceiro com integração no campo da Saúde a partir de 2024.

O CONDESPB é composto por municípios de pequeno e médio porte, cuja economia se baseia na agricultura, atividades comerciais com pouca presença industrial. Seu surgimento é resultado da necessidade ambiental, decorrente dos desafios financeiros e técnicos impostos pelos requisitos da PNRS (Brasil, 2010) aos governos locais. Portanto, as atividades do consórcio estão alinhadas com a visão de Fernandes *et al.*, (2020) sobre a importância da cooperação entre municípios para reduzir custos e enfrentar as demandas da nova política.

Inicialmente, as ações do CONDESPB se concentravam principalmente no planejamento e na proposição de projetos relacionados à GIRSU (CIDR-NRP 2011). Isso se deve ao fato de que, na época, a PNRS (Brasil, 2010) estabelecia a necessidade de eliminar os lixões até 2014, obrigando os municípios brasileiros darem uma disposição correta para os RSUs, a partir da implantação de aterros sanitários. Como parte dessas ações, o CONDESPB aprovou o projeto de Usina de Reciclagem, a fim de promover a inclusão socioeconômica dos catadores de materiais recicláveis nos municípios consorciados.

Posteriormente, as ações do CONDESPB ampliam-se para além da problemática dos RSUs, incorporando outras atividades que envolvem o Desenvolvimento Sustentável e inovação, tendo como atividades, a aquisição de usina e maquinário asfáltico, realizando o asfaltamento e recapeamento de vias públicas, e aquisição de máquinas agrícolas (tratores, colheitadeiras de forragem, caminhões, perfuratriz).

Os dados coletados nesta etapa da pesquisa ratificam que os esforços despendidos pelo CONDESPB tiveram foco na resolução da problemática dos RSUs. Ao longo de uma década, várias ações foram implementadas a fim de alcançar o objetivo de fazer com que os municípios consorciados pudessem atender às exigências da PNRS (Brasil, 2010) e extinguir os lixões a céu aberto que geram problemas ambientais, de saúde pública e de natureza jurídica.

Mediante as fragilidades estruturais dos municípios de pequeno porte, a utilização da cooperação federativa por meio da adesão ao consórcio público intermunicipal representa a força de vontade entre os gestores públicos municipais em mitigar os problemas que não seriam capazes de solucionar de forma individual. No que se refere ao CONDESPB isso fica evidente ao observar o acervo de ofícios expedidos, bem o Livro de Ata das reuniões realizadas pela instituição no qual estão registradas diversas ações voltadas para resolução de questões relativas à problemática do saneamento básico e resíduos sólidos nos municípios pesquisados.

O CONDESPB vem desenvolvendo diversas ações referente a problemática dos RSUs, a exemplo do I Fórum Intermunicipal de Resíduos Sólidos realizado em parceria com o Governo do Estado da Paraíba no dia 28 de abril de 2023 na Câmara Municipal de Vereadores de São João do Rio do Peixe, conforme pode-se observar na Figura 6.

FIGURA 6 - FÓRUM INTERMUNICIPAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS.



Fonte: Acervo do CONDESPB (2023).

O evento contou com a representação dos doze municípios (Prefeitos, Secretários e Vereadores) que integram o CONDESPB, bem como participantes de outros municípios do Estado da Paraíba que vieram se inspirar na iniciativa do CONDESPB, a exemplo de Itaporanga, Junco do Seridó entre outros. Na oportunidade, cada município que integra o CONDESPB, pôde compartilhar de que forma está conduzindo suas RSUs. Além disso, foram debatidas alternativas para a construção de uma Paraíba mais sustentável.

O Fórum contou com a participação da comitiva do Governo do Estado, composta por Secretário de Desenvolvimento Sustentável e Secretário Executivo da Secretaria de Estado do Desenvolvimento e da Articulação Municipal (SEDAM), acompanhados de engenheiros ambientais e técnicos especialistas na área. Também estiveram presentes o Presidente da Federação das Associações de Municípios da Paraíba (FAMUP), George Coelho, e representantes de Associações de Catadores de Materiais Recicláveis, Instituições de Ensino, Lideranças Sindicais e Associativas.

Os participantes do Fórum tiveram a oportunidade de aprender, debater e compartilhar informações sobre como os municípios do CONDESPB estão trabalhando a questão dos Resíduos Sólidos. Além disso, foram apresentadas experiências exitosas para estimular os municípios a adotarem ações pertinentes na área.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A trajetória do CONDESPB, desde sua criação em 2011 como CIDR-NRP até sua mais recente reestruturação em 2024, demonstra um processo contínuo de evolução e adaptação às demandas socioambientais e de gestão pública municipal. Inicialmente focado na GIRSU, o CONDESPB expandiu suas atividades ao longo desses treze anos para incorporar ações voltadas ao desenvolvimento sustentável, inovação e,

mais recentemente, à saúde pública. Essas mudanças refletem a capacidade do consórcio de responder de forma proativa às necessidades emergentes dos municípios consorciados.

O sucesso do CONDESPB está intimamente ligado à cooperação intermunicipal, permitindo que municípios de pequeno e médio porte, que enfrentam limitações técnicas e financeiras, unam forças para superar desafios complexos. A participação ativa dos municípios no CONDESPB e o apoio de parcerias estaduais e federais têm sido fundamentais para o avanço das políticas públicas, especialmente nas áreas de GIRSU e saneamento básico (resíduos sólidos).

As ações do CONDESPB, como o I Fórum Intermunicipal de Resíduos Sólidos, evidenciam seu papel como catalisador de boas práticas e inovação, promovendo o compartilhamento de experiências e incentivando a adoção de soluções sustentáveis. O CONDESPB se destaca como um exemplo de como a cooperação federativa pode ser uma ferramenta poderosa para o desenvolvimento regional, enfrentando problemas que isoladamente seriam de difícil resolução para os municípios envolvidos.

Conclui-se dessa forma, que a evolução do CONDESPB reflete a importância da adaptação estratégica e da colaboração intermunicipal na promoção de um desenvolvimento sustentável e integrado, mostrando que, mesmo diante de desafios significativos, é possível alcançar resultados positivos por meio da união de esforços e da implementação de políticas públicas eficazes.

## REFERÊNCIAS

BICALHO, M. L. (2014). **Gestão socioambiental de resíduos sólidos urbanos em Lavras-MG** (Dissertação de mestrado). Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, Brasil.



BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. **Diário Oficial da União**. Brasília - DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988.

\_\_\_\_\_. Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005. Dispõe sobre normas gerais de contratação de consórcios públicos e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Brasília - DF, 2005.

\_\_\_\_\_. Decreto nº 6.017, de 17 de janeiro de 2007, regulamenta a Lei no 11.107, de 6 de abril de 2005, que dispõe sobre normas gerais de contratação de consórcios públicos. **Diário Oficial da União**. Brasília - DF, 2007.

\_\_\_\_\_. Acórdão 2067/2008. **Tribunal de Contas da União - TCU**. Brasília - DF, 2008.

\_\_\_\_\_. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a lei 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2010.

\_\_\_\_\_. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o Marco Legal do Saneamento Básico. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2020.

\_\_\_\_\_. Decreto nº 10.936, de 12 de janeiro de 2022. Regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Diário Oficial da União**. Brasília - DF, 2022.

CALDAS, E. L. **Formação de agendas governamentais locais: o caso dos consórcios intermunicipais**. 2007. 226 f. Tese (Doutorado em

Ciência Política) - Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, São Paulo, 2007.

CARVALHO FILHO, J. S. (2020). **Manual de direito administrativo**. São Paulo: Atlas.

CIDRNR - Consórcio Intermunicipal de Desenvolvimento Regional da Nascente do Rio do Peixe. **Estatuto Social do CIDR-NRP**, 2011.

CNM - Confederação Nacional de Municípios Brasília. **Consórcios Públicos Intermunicipais: Uma Alternativa à Gestão Pública**. Brasília, 2016.

CONDESPB. Consórcio Intermunicipal de Desenvolvimento Sustentável e Inovação do Estado da Paraíba. **Estatuto Social do CONDESPB**, 2019.

FERNANDES, A. S. A., PINHEIRO, L. S., NASCIMENTO, A. B. F. M., & Grin, E. J. (2020). Uma análise dos consórcios intermunicipais para serviços de tratamento de resíduos sólidos a partir da ação coletiva institucional. **Revista de Administração Pública**, 54(3), 501-523.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades. **Resultados do censo demográfico**, 2022. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/>>. Acesso em: 10 mai. 2024.

MACHADO, J. A., ANDRADE, M. L. C. (2014). Cooperação intergovernamental, consórcios públicos e sistemas de distribuição de custos e benefícios. **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, 48 (3), 695-720.

MARQUES, S. E. **Consórcio público intermunicipal de desenvolvimento Sustentável e inovação do estado da paraíba: um instrumento de planejamento territorial**. 2021. 108p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Rio Grande do Norte, Programa de Pós-Graduação em Planejamento e Dinâmicas Territoriais no Semiárido – PLANDITES/Pau dos Ferros - RN, 2021.

MATOS, F., DIAS, R. (2012). Cooperação intermunicipal na bacia do rio Paraopeba. **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, 46 (5), 1225-1250.

MMA - **Ministério do Meio do Ambiente**. Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2010.

MCidades – **Ministério das Cidades**. Assentamentos Precários no Brasil Urbano. Eduardo Marques (coord.), Ministério das Cidades e Secretaria Nacional de Habitação. 2015.

OLIVEIRA, A. P. A.; ANDRADE, R. W. N. Gestão de resíduos sólidos no município de Caraúbas/RN: Uma revisão de produções acadêmicas. In: MENEZES, N. S.; EL-DEIR, S. G.; GUEDES, F. L.; ALMEIDA, I. M. S. (Orgs.). **Resíduos sólidos: Educação e meio ambiente**. 1ª ed. Recife: EDUFRPE, 2021. Cap. 5.8. p. 649-663.

OLIVEIRA, R. C. R. (2018). **Organização administrativa**. São Paulo: Método.

PERALTA, L. R.; ANTONELLO, I. T. **O desafio enfrentado pelos municípios de pequeno porte para atender à política nacional de resíduos sólidos: o uso do consórcio intermunicipal**. 2014. Anais do XI – ENANPEGE, ISSN 2174-8875. Disponível em:

<http://www.enanpege.ggf.br/2015/anais/arquivos/12/379.pdf>. Acesso em: 19 out. 2022.

SPINK, P. K.; TEIXEIRA, M. A. C.; CLEMENTE, R. Governança, governo ou gestão: o caminho das ações metropolitanas. **Cadernos Metrópole**, São Paulo, v. 11, n. 22, p. 453-476, jul./dez. 2009.

ROMANI, A.P de.; SEGALA, K. de. **Planos de resíduos sólidos: desafios e oportunidades no contexto da Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Rio de Janeiro: IBAM, 2014.

VERGARA, S. C. **Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração**. 16. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

# A MINERAÇÃO NA PROVÍNCIA PEGMATÍ- TICA BORBOREMA-SERIDÓ (1942-1945): O GARIMPO DE “MINERAIS ESTRATÉGICOS” NA PARAÍBA

---

*Matheus Henrique da Silva Alcântara*

*José Otávio Aguiar*

## INTRODUÇÃO

Em 1930 o Brasil passou por uma série de mudanças políticas e econômicas promovidas pelo caótico cenário social advindo a crise financeira internacional, que resultaram na subida ao poder de grupos políticos antagônicos “homogeneizados” na figura de Getúlio Vargas. O governo protagonizado por Vargas empreendeu remodelações administrativas tendo em vista uma política econômica desenvolvimentista, centrada na estruturação dos alicerces do setor industrial nacional, proporcionando o surgimento de uma indústria de base. O setor mineral brasileiro foi um dos mais transformados devido a promulgação do Código de Minas de 1934 que previa a nacionalização dos recursos minerais e o controle do Estado sobre o processo de estudo, concessão, lavra e beneficiamento de minérios. Bem como pela criação do DNPM-Departamento Nacional de Produção Mineral, uma autarquia de abrangência nacional ligada diretamente ao Ministério da Agricultura, com sedes regionais e municipais, que representou a imposição do poder de intervenção do governo federal sobre a produção e economia mineral. Simbolizando, portanto, a afirmação do Estado nacional e suas instituições nas atividades de mineração.

Neste complexo panorama de modificações, a Paraíba se tornou alvo de estudos de prospecção e análises químicas, realizadas pelo

Serviço de Fomento à Produção Mineral<sup>12</sup> na década de 1930, à procura de jazidas minerais economicamente viáveis para a exploração. Contudo, somente na década seguinte, quando da eclosão do conflito mundial e do alinhamento brasileiro com os Estados Unidos em 1942, o estado passa a se destacar no cenário internacional devido a sua produção mineral. A região da Província Pegmatítica Borborema-Seridó localizada entre os Estados da Paraíba e do Rio Grande do Norte, compreendendo uma vasta região mineralógica que apresenta em seus pegmatitos uma imensa riqueza mineral, foi explorada pelo governo brasileiro e por grandes latifundiários paraibanos e norte-rio-grandenses, que utilizaram a classe trabalhadora do campo transformada em garimpeiros para extrair milhares de toneladas de produtos minerais para atender a demanda do mercado internacional, especialmente norte-americano envolvido na guerra mundial.

Desde modo, a presente pesquisa com base em documentos do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) e relatórios da Divisão de Fomento à Produção Mineral (DFPM), realiza um estudo sobre a exploração mineral na Província Pegmatítica Borborema-Seridó entre 1934 e 1945, com foco nos minérios de tantalita, berilo, e scheelita como “recursos estratégicos” tanto para o governo brasileiro quanto norte-americano no auge do conflito mundial. Sob a perspectiva da História Ambiental, são investigadas a produção mineral da região, a exploração dos trabalhadores e os impactos ambientais provenientes desta atividade; sendo fundamentado nas discussões de historiografia ambiental, presentes em Worster (1991), Dean (1996), Duarte (2010), e Martinez (2011) por refletirem sobre as relações entre meio ambiente e crítica social.

---

<sup>12</sup> Serviço de Fomento à Produção Mineral - SFPM era uma subdivisão do DNPM responsável pelo fomento às atividades de mineração em território nacional, realizando sondagens, pesquisas, prospecção em território nacional através dos escritórios do órgão distribuídos entre os quatro distritos (norte, nordeste, centro e sul). Em 1938 a instituição foi reformulada passando a ser Divisão de Fomento à Produção Mineral-DFPM, com a ampliação de atribuições para o setor de águas subterrâneas.

## A MINERAÇÃO “ESTRATÉGICA” DOS PEGMATÍTICOS NA PARAÍBA

A região da Província Pegmatítica Borborema-Seridó compreende uma vasta área de aproximadamente 150km<sup>2</sup>, que se estende pela região do semiárido nordestino entre os estados da Paraíba e Rio Grande do Norte, dispondo de uma enorme diversidade de jazidas minerais espalhadas pelos pegmatíticos. Somente em 1940, em estudo financiado pelo DNPM, a província pegmatítica apresentou mais de 80 produtos minerais passíveis de exploração, sendo alguns deles explorados até a atualidade. O auge das atividades de mineração ocorreu entre as décadas de 1930 e 1940, quando a região sofreu um intenso processo de prospecções pelo DNPM financiadas pelo Governo Federal na busca dos chamados “minerais estratégicos”<sup>13</sup> para abastecer o comércio internacional (Europa e os Estados Unidos), e depois da eclosão da guerra e do alinhamento político ao lado dos Aliados, forneceu matéria-prima mineral exclusivamente ao parque industrial norte-americano.

A ocorrência de diversos minérios na região era de conhecimento dos geólogos brasileiros desde o ano de 1898, quando foram realizados os primeiros estudos geológicos da República, que apontavam os primeiros relatos do uso de minérios locais pelos ferreiros de Picuí, que eram retirados dos arredores da cidade. Contudo, o início da exploração comercial na província pegmatítica se dá no início dos anos 1920, com o estabelecimento de diversas zonas de garimpagem de ouro e quartzo, e pequenas áreas relacionadas a minerais metálicos. No distrito de Pedra

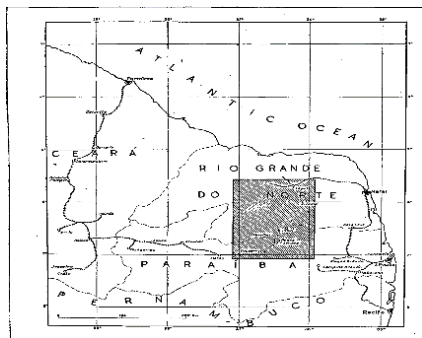
---

<sup>13</sup> A denominação de “minerais estratégicos” provém de relatórios de técnicos e militares norte-americanos que diante da iminência da guerra, realizaram estudos sobre a capacidade de suprimento de matérias-primas para a indústria estadunidense, que demonstrou deficiências no suprimento de recursos minerais. Estes recursos passaram a ser identificados como “minerais estratégicos”, e passaram a integrar a política econômica dos Estados Unidos, que passou a estabelecer parcerias comerciais com os países latino-americanos para o fornecimento destes materiais.

Lavrada no município de Picuí em 1919, foi realizado o primeiro estudo sobre as jazidas minerais na região pegmatítica da Paraíba pelos engenheiros do Serviço Geológico e Mineralógico Brasileiro (SGMB), Euzébio de Oliveira e Alpheu Diniz Gonçalves.

Um dos trabalhos mais relevantes sobre a geo-economia da região foi realizado pelo engenheiro e geólogo norte-americano, William Drumm Johnston Jr. entre 1942 e 1945, em parceria com os técnicos do DNPM, que resultou na delimitação preliminar da província em forma de quadrilátero que abrangia os dois estados, e sua divisão em quatro zonas mineralógicas principais. A zona I apresenta aglomerados de muscovita entre os pegmatitos e a rocha encaixante, e a zona II e III, são caracterizadas pela presença de enormes cristais de feldspato com grande quantidade de berilo de tantalita. E a zona IV se constitui em pegmatitos com núcleo de quartzo (Moore, 1945).

FIGURA 1 - MAPA DA LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE PEGMATITO.



Fonte: Boletim nº72 DFPM1(1945).

Esta região é formada por enormes muralhas de cores claras e pequenos veios de cor escura, que formam paredes de mais de 15 metros de espessura e 20 até 30 metros de altura com centenas de metros de comprimento. Os pegmatitos mais resistentes ao intemperismo



formavam pontos altos em estrutura de domo, os quais os garimpeiros e técnicos que trabalhavam na região na década de 1940 passaram a denominar de “altos”, nestas elevações era mais provável a presença de concentrações de berilo e tantalita passíveis de extração, devido a presença de uma massa de quartzo central desenvolvida.

A província pegmatítica chegou a contar mais de mil jazidas em processo de pesquisa, dezenas de minas outorgadas em atividade, que contavam com a presença de engenheiros, geólogos e químicos do DNPM e do Bureau of Mines<sup>14</sup> cedidos pelos norte-americanos à Comissão de Compras para representar os interesses econômicos na região. Esta Comissão, entre 1942 e 1945, manteve contratos de exclusividade de produção em mais de 130 pegmatitos. Neste mesmo período, em 1940, o DNPM abriu um escritório do DFPM no município de Campina Grande-PB, com um laboratório químico para a análises de minérios e seus concentrados, com o propósito de maximizar a produção de tantalita e berilo no estado paraibano, bem como de columbita e cassiterita, sob a coordenação do engenheiro Sandoval Carneiro de Almeida. O DFPM estabelecido na cidade orientou, fiscalizou e executou os trabalhos de prospecção na região Nordeste, mais precisamente entre Sergipe e o Ceará, sob a direção de Cássio Mendonça Pinto, então chefe do Distrito do Nordeste.

Durante esta fase de exploração da província pegmatítica estima-se que aproximadamente 300 pegmatitos eram lavrados por “donos de serviço” (concessionários ou arrendatários) empregando garimpeiros (Moore, 1945). De acordo com os dados fornecidos pelo relatório da diretoria do DFPM em 1944<sup>15</sup>, quando a região da província

---

<sup>14</sup> United States Bureau of Mines (USBM) – Escritório de Minas dos Estados Unidos foi estabelecido pelo governo norte-americano em 1910 como uma agência governamental que tinha por objetivo realizar estudos sobre a extração, processamento, uso, conservação, importação e exportação de produtos minerais. Em 1996, a agência foi fechada tendo suas atribuições repassadas para outros departamentos e agências.

<sup>15</sup> Relatório da Diretoria do DFPM de 1944 - originalmente publicado em 1946.

pegmatítica atingiu recordes mundiais de produção de berilo, tantalita e scheelita, havia no territórios dos dois estados 336 jazidas de berilo e tantalita e 72 jazidas de scheelita em atividade, além de inúmeras outras concessões de lavra em andamento para extração de ouro, chumbo, mármore, cassiterita e mica.

## BERILO

A mineração de berilo se estendia pelos estados do Ceará, Paraíba, Rio Grande do Norte, e em menor escala em Alagoas, Bahia e nordeste de Minas Gerais, sendo classificado como água-marinha, esmeralda, morganita ou berilo. Contudo, somente os cristais de rocha com tonalidades esteticamente belas e estrutura cristalina eram explorados para a indústria de joalheria; cristais opacos e demasiadamente fragmentados não tinham importância econômica. No século XX o berilo passou a ter utilização industrial na produção de ligas metálicas de cobre-berílio, altamente resistentes ao calor, choque e pressão. O Brasil começou a explorar o minério em 1938 para fins de exportação, resultando em 202,665 toneladas de minério enviadas para a Itália, que na época era a única interessada no produto brasileiro. Em 1939, a produção se elevou para 275,886 toneladas, agora sendo exportada para Itália, Estados Unidos, Alemanha e Grã-Bretanha.

A principal mina de berilo do Brasil, se encontrava no estado da Paraíba na região de Tanquinhos no município de Picuí, ela havia sido descoberta em 1938 por Vicente Ferreira Macedo, proprietário de terras da região, que passou a empregar mais de cem homens na lavra de berilo e columbita. Posteriormente, a mina passou a ser dirigida pelo engenheiro Robert Walsky, representante da Comissão Americana de Compras, que adquiriu a concessão e passou a empregar máquinas no processo de extração. Picuí neste período foi considerada uma das regiões de destaque na produção mineral brasileira, pois, segundo dados

do engenheiro de minas Glycon Paiva (Apud. Rolff, 1946) que atuou na Paraíba, o município era responsável pela produção de metade da tantalita e berilo exportado pelo Brasil durante a guerra, sendo, portanto, responsável por 20% da produção mundial de tantalita e 8-10% da produção mundial de berilo, chegando a serem explorados mais de 160 pegmatitos na localidade.

TABELA 1 - EXPORTAÇÃO BRASILEIRA DE BERILO (1938-1945).

ANO	QUANTIDADE EM TONELADAS	VALOR EM CRUZEIROS <sup>16</sup>
1938	202,665	Cr\$ 105.182,00
1939	275,886	Cr\$ 167.072,00
1940	1.472,067	Cr\$ 721.217,00
1941	1.702,509	Cr\$ 1.332.195,00
1942	1.634,180	Cr\$ 1.652.914,00
1943	2.027,441	Cr\$ 2.156.274,00
1944	1.185	Cr\$ 2.972.809,00
1945	510	Cr\$ 1.514.718,00

Fonte: Relatórios da Divisão de Fomento à Produção Mineral -DFPM (1942-1945).

Os dados referentes à exportação brasileira de berilo entre 1939 e 1945, apontam para o fato que a produção do minério de berilo esteve relacionada ao desenrolar da corrida armamentista mundial, que ao

<sup>16</sup> A moeda Cruzeiro, também conhecida como Cruzeiro “antigo”, foi implantada em 1942 pelo Governo de Getúlio Vargas em substituição ao padrão de Mil-Reis, em vigor desde o período colonial no Brasil; também foi a primeira moeda brasileira a utilizar centavos.

atingir seu ponto de ruptura em 1939, provocou uma corrida entre as grandes potências para assegurar o fornecimento de matérias-primas-chaves para a indústria de guerra. O que explica o salto de produção entre 1939 e 1940 em mais de 533%, para atender a demanda norte-americana, não da produção industrial, mas do estabelecimento de reservas minerais e da preservação daquelas existentes em território estadunidense em face do iminente conflito mundial. Após um quadriênio (1941–1944) de elevação constante da produção devido ao estado de guerra, a exportação apresenta uma queda de mais de 60% devido ao fim do conflito. Sendo retomada em 1946, devido às mudanças na geopolítica do mundo pós-guerra, que alçaram os Estados Unidos a uma posição de potência militar mundial.

## TANTALITA

A tantalita é um minério que ocorre em associação com o berilo, que passou a ser muito utilizado na produção de ligas com minério tântalo, devido a sua alta resistividade ao calor e gases, foi muito utilizado na indústria metalurgia e na fabricação de válvulas e fios para equipamentos elétricos, com rádios, radares e sonares. As principais fontes de extração de tantalita conhecidas nos anos 1940 se encontravam nas províncias pegmatíticas do Brasil e da Austrália, devido às complexidades políticas e militares que dificultavam o comércio marítimo na Oceania, o Brasil se tornou o principal fornecedor mundial do minério. A produção comercial brasileira iniciou em 1938, era exportada em sua totalidade para os Estados Unidos, o principal interessado no minério brasileiro. Em 1939 a produção decaiu um pouco atingindo a cifra de 24,271t de minério, aumentado significativamente somente em 1941 ante a iminência dos Estados Unidos entrarem em conflito com o Japão, foi quando a produção atingiu 60t. Em 1942 e 1943, o país exportou a cada ano quantidades superiores a 100 toneladas de minério de tântalo para

o mercado norte-americano (sendo respectivamente, 113,479t no primeiro e 180,816t no segundo).

As principais fontes do minério de tântalo se encontravam na região pegmatítica entre os estados da Paraíba e no Rio Grande do Norte, ocorrendo geralmente associada a berilo, estes minérios ocorriam frequentemente nos diques de pegmatitos, ou “altos”, principalmente na região entre Pedra Lavrada e Pedra Branca (Morais, 1938). Sendo extraído através de fiação e cata em aluviões, e do desmonte de enormes diques de pegmatito, de onde provinha o grosso da tonelagem do mineral concentrado. A mina de Taboas, na proximidade entre as cidades de Picuí e Parelhas, foi considerada em 1944 a maior jazida de tantalita do mundo. A mina era explorada pela Silveira Brasil&Cia. (Campina Grande), a qual produziu mais de 60% do total de berilo e tantalita do país. Essa mesma empresa, se tornou uma das mais importantes exportadoras de tantalita e columbita do mundo no mesmo ano, chegando a empregar aproximadamente 3.000 funcionários nas atividades extração, transporte e concentração de minérios na Paraíba.

A firma Silveira Brasil & Cia. era também considerada a maior empresa de mineração do Nordeste, possuindo sob seu controle “69” altos berilo-tantalíferos, sendo alguns desses os melhores na produção de tantalita, como a mina Taboas. Contudo, sua produção não se limitava somente às jazidas que ela controlava diretamente, a empresa adquiriu lotes de minério de outras empresas, pequenos produtores e garimpeiros. Em 1944, quando a empresa registrou sua maior produção mineral durante a guerra, a distribuição desta entre os vários setores da empresa foi a seguinte: a) tantalita: 99.100Kg dos quais 65.195Kg foram adquiridos de outros produtores; b) berilo: 660.000Kg sendo 449.597Kg de proveniente de outros produtores; c) Scheelita: 885.336Kg comprados integralmente de outros produtores inclusive de minas do Rio Grande do Norte (Erichsen, 1946).

A exportação de tantalita cresceu mais de 800% entre 1939 e 1944, fruto da necessidade internacional dos países imersos no conflito, e do alinhamento com os Estados Unidos, que passaram a importar grandes quantidades de matéria-prima mineral. Passaram de 24 toneladas exportadas em 1939 para 201 toneladas em 1944. Contudo, em 1945 iremos verificar um drástico declínio das exportações, que atingiram somente 30 toneladas, devido ao término da guerra. A exportação da tantalita paraibana sofreu com o decréscimo das exportações, apresentando alguma recuperação nos anos de 1950, quando da deflagração da Guerra da Coreia (1950–1953). Atualmente, outras jazidas ganharam destaque nacionalmente, contudo, a tantalita continua a ser explorada, agora como subproduto da extração de outros minerais.

TABELA 2 - EXPORTAÇÃO BRASILEIRA DE TANTALITA (1937-1945).

ANO	QUANTIDADE EM TON.	VALOR EM CRUZEIROS
1937	11	Cr\$ 222.424,00
1938	25,476	Cr\$ 385.398,00
1939	24,271	Cr\$ 428.725,00
1940	27,117	Cr\$ 418.314,00
1941	90,680	Cr\$ 2.151.569,00
1942	113,479	Cr\$ 3.542.418,00
1943	180,816	Cr\$ 6.043.017,00
1944	201	Cr\$ 13.576.000,00

---

1945

30

Cr\$ 1.333.000,00

---

Fonte: Relatórios da Divisão de Fomento à Produção Mineral -DFPM (1942-1945).

## SCHEELITA

A mineração de outros bens minerais exportados pelo Brasil durante a guerra expõe resultados semelhantes no quadro de exportações entre 1939 até 1945. Apresentando uma explosão entre 1939 e 1943, é uma redução progressiva entre o fim de 1944 e o início de 1945. Por exemplo, temos o minério de scheelita ( $\text{CaWO}_3$ ) que apresenta altas concentrações de tungstênio<sup>17</sup>, um metal que pelo seu caráter refratário, especialmente as altas temperaturas, é utilizado em seu estado puro na produção de filamentos de lâmpadas, tubos de raios catódicos e válvulas termiônicas, nos catodos das ampolas de raios X, entre outras inúmeras aplicações. Contudo, está variada gama de produtos derivados consumia uma pequena fração da produção mundial deste mineral, em torno de 1,5% de todo o minério de tungstênio<sup>18</sup> consumido pela indústria nos anos de 1930 e 1940. A sua maior aplicação estava na metalurgia, na fabricação de aços especiais para ferramentas e máquinas, pois sua resistência à altas temperaturas, permite a construção de equipamentos que trabalham em altas velocidades, multiplicando a produção e diminuindo o custo do produto final. Segundo a pesquisadora Silvana Mônica Vaz (1995), o primeiro surto mundial de procura por fontes de

---

<sup>17</sup> Outros minerais também apresentam tungstênio em sua composição, tais como *Ferberita* ( $\text{FeWO}_4$ ), *Hubnerita* ( $\text{MnWO}_4$ ), *Wolframita* ( $(\text{Fn}, \text{Mn}) \text{WO}_4$ ), *Stolzita* e *Rapsita* (dimorfismo do  $\text{PBWO}_4$ ), *Tungstita* ( $\text{WO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ ).

<sup>18</sup> O tungstênio é um metal com um elevado ponto de fusão ( $3.370^\circ\text{C}$ ), dureza elevada e grande capacidade de irradiação luminosa. Este metal é utilizado industrialmente desde 1850, sobre larga aplicação na forja de aços especiais, materiais duros (carboneto de tungstênio) e ligas. É utilizado na indústria de munição, na fabricação de foguetes, na eletrotécnica, na obtenção de filamentos, nos setores da indústria pesada, bélica, química e de tintas (Abreu, 1973).

minérios de tungstênio ocorreu entre os anos de 1914 e 1918, para atender as demandas de materiais bélicos dos países envolvidos na Primeira Guerra Mundial.

TABELA 3 - EXPORTAÇÃO BRASILEIRA DE TUNGSTÊNIO (1937-1944).

ANO	QUANTIDADE EM TON.	VALOR EM CRUZEIROS
1937	6,681	64.682,00
1938	2,090	11.597,00
1939	7,900	65.379,00
1940	10,000	149.945,00
1941	32,460	1.175.908,00
1942	_____*	_____**
1943	1.167,397	28.492.178,00
1944	1.295,00**	27.885.866,00
1945	1.115,00	_____***

OBSERVAÇÕES: \*(sem dados) \*\* (oito primeiros meses) \*\*\* (sem valores)

Fonte: Relatórios da Divisão de Fomento à Produção Mineral -DFPM (1942-1945).

Informações sobre a pesquisa ou lavra de minérios que contivessem tungstênio no Brasil, entre 1900 e 1930, são escassos. Cabendo uma breve menção a uma empresa alemã que nas vésperas da Primeira Guerra Mundial de 1914 explorava wolframita no Rio Grande do Sul.



A partir de 1937, com o incremento das pesquisas minerais realizadas pelo DNPM e o aumento do consumo mundial, a produção nacional de tungstênio extraído de diversos minérios (hubnerita, scheelita, e wolframita) começou paulatinamente a se elevar. Em 1937, produzimos pouco mais de seis toneladas exportadas em grande parte para a Holanda, Bélgica e Alemanha. Em 1938, os Estados Unidos e Alemanha passaram a se enfrentar pelas exportações brasileiras deste mineral. Quadro este que permaneceu até 1941, com a realização dos últimos embarques do minério para o Japão e Alemanha, antes da declaração de guerra dos Estados Unidos. Este último passou a partir de 1942 a ser o único comprador da scheelita brasileira, incentivando através dos órgãos públicos e privados a ampliação da exploração deste mineral na região Nordeste do país. O que resultou em 1944 na produção de centenas de toneladas de scheelita e wolframita, no valor de 1.295,4t exportadas unicamente para os Estados Unidos.

Ainda em 1943 foram catalogadas aproximadamente 60 localidades conhecidas que exploravam scheelita nos estados da Paraíba e Rio Grande do Norte. O município de Santa Luzia apresentava uma quantidade surpreendente de afloramentos rochosos do minério, alguns conhecidos em estudos anteriores do DNPM, e outros, descobertos a partir de 1940 que apresentavam capacidade de aproveitamento econômico. A principal delas se encontrava na fazenda Quixabá, este importante depósito de scheelita foi descoberto pelo Sr. Raimundo Preá<sup>19</sup>, um garimpeiro autônomo que atuava na região, em julho de 1942. A scheelita encontrada nessa jazida se apresentava disseminada nos tactitos, que ocorrem acompanhando o contato entre calcário e gnaisses, ou mármore e gnaisses.

---

<sup>19</sup> O garimpeiro autônomo identificado apenas como Raimundo Preá, foi um importante prospector de minas, descobrindo várias jazidas minerais pelo interior da Paraíba, entre elas podemos citar o depósito de fluorita localizado em Salgadinho (atualmente município, mas na época era um distrito da cidade de Patos), considerado a maior jazida

No mesmo ano, o então proprietário da fazenda, o Sr. Francisco Pergentino de Araújo em parceria com Manuel Emiliano de Medeiros, foram autorizados a iniciar as pesquisas de lavra em parceria com o DNPM. Os estudos da área ficaram a cargo dos engs. Sandoval Carneiro de Almeida, Evaristo P. Scorza, Otto Henry Leonardos e o geólogo norte-americano W. D. Johnston Júnior, que na época estava dando assistência técnica ao DNPM e à Comissão de Compras Americanas no mapeamento e aquisição de minerais estratégicos no Brasil. Segundo os resultados iniciais da pesquisa, o mineral encontrado na Fazenda Quixabá apresentou 75% de WO<sub>3</sub><sup>20</sup>, portanto, altamente concentrado.

## **RESULTADOS E DISCUSSÕES**

O desenvolvimentismo quando aplicado à mineração no Nordeste neste período, especificamente na região da Província Pegmatítica Borborema-Seridó apresenta característica de uma exploração predatória dos recursos naturais. A relação estabelecida entre homem e natureza, foi pautada pela dominação do segundo pelo primeiro, através do corte das rochas, da abertura de fendas no solo e do desmatamento das matas do sertão em prol dos interesses econômicos. O que produziu inevitavelmente impactos no ecossistema de difícil recuperação, evidenciados em fotografias da época onde foi possível identificar do desmonte de rochas e do solo, a má alocação de rejeitos da atividade mineral, e segundo os relatos, a extração massiva de toneladas de minério sem qualquer controle ou plano de recuperação do meio ambiente.

---

<sup>20</sup> Composto químico conhecido como trióxido de tungstênio, contendo oxigênio e metal de tungstênio, é obtido em minerais como shceelita e seus concentrados.

FIGURA 2 - CORTE A CÉU ABERTO NO ALTO DO CRUZEIRO PELA UNITED STATES COMMERCIAL COMPANY PARA O CONTRATANTE DA JAZIDA SILVEIRA BRASIL&CIA.



Fonte: Rolff (1946).

As atividades de mineração consistem basicamente no desmonte de solos e maciços rochosos para a retirada de bens minerais presentes nestes ambientes, todavia, para esse processo se inicie uma etapa anterior é necessária. A limpeza do terreno, como o corte de árvores e retirada da vegetação rasteira para o início dos trabalhos de prospecção, era uma etapa importante no processo, por fornecer condições de desmonte do solo. O que ocasionava o desmatamento da vegetação de caatinga de características xerófitas que compunha o ecossistema do sertão dos dois estados. A segunda etapa de escavação do solo e lavra do minério, procedia ao desmonte de um elevado volume de material rochoso, a extração de poucos quilos de tantalita, berilo ou scheelita consistia na movimentação de toneladas de rejeito. Com base nos dados do DFPM, do eng. Sandoval Carneiro de Almeida, que participou intimamente dos trabalhos de prospecção e lavra dos minérios paraibanos, a quantidade

de material “estéril”, ou rejeito, a ser lavrado para se conseguir um qui-lograma de mineral girava em torno de 2t até 4t:

Chegou-se por esse processo de que o teor das melhores minas da região está em volta de 1 de tantalita para 3.000 de estéril. O melhor valor que já obtivemos foi da ordem de 1 para 2.000. Somos de opinião, que a média global dos teores dos “altos” atualmente em trabalho deve ficar entre 1 para 3.000 e 1 para 4.000 (Almeida, 1946, p.14).

Segundo Moore (1945) era necessário desmontar 4.000 toneladas de rochas e solos dos pegmatitos, para obter 12t de berilo e apenas 1t de tantalita. A incorreta alocação deste material rejeitado se constitui como um dos problemas da atividade de mineração, que podem resultar em impactos ambientais. Nos pegmatitos paraibanos que empregavam técnicas de garimpo em minas a céu aberto sem orientação de um plano de lavra, resultou na construção de enormes pilhas de rejeitos próximos das áreas de trabalho, impactando diretamente na infraestrutura das minas, nos custos de extração, mas principalmente no meio ambiente. Segundo Moore (1945) a questão da alocação de rejeito nas minas era de pouca importância para os concessionários, arrendatários, e garimpeiros, que privilegiavam a abertura de trincheiras, poços e valas para extrair a maior quantidade de minério em um curto intervalo de tempo. Outro problema da mineração dos pegmatitos deste período é resultado direto da cobiça dos concessionários e técnicos norte-americanos, e está diretamente relacionado ao desmonte de rochas, e a retiraram centenas de toneladas de produtos minerais de forma predatória, que drenou e dificultou os trabalhos de extração futuros de alguns desses minerais (Vaz, 1995).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os movimentos no teatro político e econômico na segunda metade da década de 1930, com o acirramento dos conflitos na Europa e da corrida armamentista empreendida pelas grandes potências, resultaram em maiores incentivos para o setor mineral nacional, que passou por um processo de mecanização e ampliação, relacionado à busca de matéria-prima mineral para abastecer estes países; sem, contudo, significar o alinhamento político as ideologias dos lados em disputa. Esta política ficou conhecida como “equidistância pragmática” e resultou em benefícios, sendo utilizada em barganhas para a definição dos termos de acordos comerciais e empréstimos a juros mais baixos e prazos mais longos. Contudo, esta política de “distanciamento” adotada pelo Governo brasileiro logo foi substituída por um novo ciclo de estreita dependência, com a aproximação do envolvimento brasileiro no conflito mundial. A proximidade com os Estados Unidos, e assinatura de tratados comerciais envolvendo o fornecimento de produtos minerais e empréstimos para a construção de um parque siderúrgico, resultaram em 1942 em um alinhamento econômico definitivo.

Neste complexo cenário a Província Pegmatítica Borborema-Seridó, localizada entre os estados da Paraíba e do Rio Grande do Norte, ganhou destaque por conter inúmeros minerais considerados “estratégicos” para o mercado internacional. Minerais como berilo, scheelita e tantalita que eram comumente encontrados nos pegmatitos (denominados de “altos”) da região, se tornaram fundamentais para a indústria metalurgia e bélica conforme a escalada do conflito mundial. Rapidamente fluíram para o interior destes estados técnicos brasileiros e norte-americanos, garimpeiros com suas famílias, e representantes de firmas importadoras para extrair o mais rapidamente, e a maior quantidade possível de minério, para ser ensacado e enviado aos Estados Unidos.

No Estado da Paraíba o início das atividades de mineração das décadas de 1930 e 1940 demarcam o período áureo de exploração da região. A cidade de Campina Grande no interior do Estado desempenhou um papel importantíssimo como entreposto do comércio mineral e centro de análise química e processamento. Pois, era neste município que se encontrava a infraestrutura estatal de controle de produção, através dos escritórios do DNPM, LPM e da Comissão de Compras norte-americana, bem como empresas que atuavam nas minas da região, mas que realizavam o processo de beneficiamento e exportação a partir do município. Outras cidades e povoados como Picuí, Santa Luzia, Pedra Lavrada, Quixabá e Juazeirinho foram palco de prospecções, sondagens e mapeamento de suas reservas minerais, resultando na abertura de diversas minas.

Contudo, a mineração dos pegmatitos na Paraíba promoveu o desmatamento, ampliou os processos erosivos dos maciços rochosos e do solo, e através da lavra predatória, esgotou recursos naturais não renováveis em prol dos interesses mercantilistas do capitalismo e de um projeto de desenvolvimento nacional. A mineração deste período não estabeleceu qualquer benefício para as cidades e comunidades da região, pois não alterou o quadro socioeconômico, atuando não como fator de transformação, mas de perpetuação de relações de poder e exploração com a manutenção das mesmas elites agrárias no cenário político e econômico. Portanto, a mineração na Província Pegmatítica Borborema-Seridó apresenta uma rica e complexa história, e este artigo procura apenas iluminar os caminhos de escrita de uma História Ambiental da Paraíba que é uma lacuna historiográfica que ainda permanece em aberto para ser escrita e ampliada.

## REFERÊNCIAS

ABREU, S. F.. **Recursos Minerais do Brasil**. São Paulo: Editora Edgard Blucher Ltda. / Editora Universidade de São Paulo, 1973.

ALMEIDA, S. C. de. **Boletim Avulso n.º 73: Tantalita e Berilo “Alto” Feio e Serra Branca - Estado da Paraíba**. Rio de Janeiro: DNPM-DFPM, 1946. Disponível: <[http://acervo.cprm.gov.br/rpi\\_cprm/docreaderNET/DocReader.aspx?bib=COLECAO\\_DNPM&pesq=Boletim%20n%C2%BA%2072](http://acervo.cprm.gov.br/rpi_cprm/docreaderNET/DocReader.aspx?bib=COLECAO_DNPM&pesq=Boletim%20n%C2%BA%2072)>. Acesso: jul. 2024.

BASTOS, Pedro Paulo Zahluth; FONSECA, Pedro Cezar Dutra. **A Era Vargas: desenvolvimento, economia e sociedade**/(orgs.) Pedro Paulo Zahlut Bastos, Pedro Cezar Dutra Fonseca. – São Paulo: Editora Unesp, 2012.

DEAN, W.. **A ferro e fogo: a história e a devastação da Mata Atlântica brasileira** / Warren Dean; tradução Cid Knipel Moreira; revisão técnica José Augusto Drummond. São Paulo: Companhia das Letras, 1996.

DEMIER, Felipe. **O longo bonapartismo brasileiro (1930-1964): um ensaio de interpretação histórica** / Felipe Demier. - 1.ed. - Rio de Janeiro: Muad X, 2013.

DUARTE, R. H.. **A biologia militante: o Museu Nacional, especialização científica, divulgação do conhecimento e práticas políticas no Brasil - 1926-1945** / Regina Horta Duarte. - Belo Horizonte: Editora UFMG, 2010.

ERICHSEN, A. I.. **Boletim n.º 77: Relatório da diretoria do Serviço de Fomento da Produção Mineral de 1944.** Rio de Janeiro: DNPM-DFPM, 1946. Disponível: <[http://acervo.cprm.gov.br/rpi\\_cprm/docreaderNET/DocReader.aspx?bib=COLECAO\\_DNPM&pesq=Boletim%20n%C2%BA%2072](http://acervo.cprm.gov.br/rpi_cprm/docreaderNET/DocReader.aspx?bib=COLECAO_DNPM&pesq=Boletim%20n%C2%BA%2072)>. Acesso: jul. 2024.

GAMBINI, Roberto. **O duplo jogo de Getúlio Vargas: influência americana e alemã no Estado Novo.** São Paulo: Editora Símbolo, 1977. (Coleção Ensaio e Memória nº4)

JÚNIOR, W. D. J.. **Boletim n.º 72: Os pegmatitos berilo-tantalíferos da Paraíba e Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil.** Rio de Janeiro: DNPM-DFPM, 1945. Disponível: <[http://acervo.cprm.gov.br/rpi\\_cprm/docreaderNET/DocReader.aspx?bib=COLECAO\\_DNPM&pesq=Boletim%20n%C2%BA%2072](http://acervo.cprm.gov.br/rpi_cprm/docreaderNET/DocReader.aspx?bib=COLECAO_DNPM&pesq=Boletim%20n%C2%BA%2072)>. Acesso: jun. 2024.

MARTINEZ, P. H.. **História Ambiental Paulista - Temas, Fontes, Métodos /** Paulo Henrique Martinez (org.). São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2007.

MOORE, J. E.. **Boletim n.º 71: Lavra de Pegmatitos Tantalíferos e Glucíniferos no Nordeste do Brasil.** Rio de Janeiro: DNPM-DFPM, 1945. Disponível: <[http://acervo.cprm.gov.br/rpi\\_cprm/docreaderNET/DocReader.aspx?bib=COLECAO\\_DNPM&pesq=Boletim%20n%C2%BA%2072](http://acervo.cprm.gov.br/rpi_cprm/docreaderNET/DocReader.aspx?bib=COLECAO_DNPM&pesq=Boletim%20n%C2%BA%2072)>. Acesso: jun. 2024.

MORAES, J. L. J. de. **Boletim n.º28: Cobre, estanho e outros minerais em Picuí, Soledade e Paraíba do Norte.** Rio de Janeiro: DNPM-SFPM. Disponível: <[http://acervo.cprm.gov.br/rpi\\_cprm/docreaderNET/DocReader.aspx?bib=COLECAO\\_DNPM&pesq=Boletim%20n%C2%BA%2072](http://acervo.cprm.gov.br/rpi_cprm/docreaderNET/DocReader.aspx?bib=COLECAO_DNPM&pesq=Boletim%20n%C2%BA%2072)>. Acesso: ago. 2024.



MOURA, Gerson. **Autonomia na Dependência: a política externa brasileira de 1935 a 1942**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1980.

ROLFF, P. M. de A.. **Boletim Avulso n.º 63: Contribuição ao Estudo das Jazidas de Scheelita da Paraíba e Rio Grande do Norte**. Rio de Janeiro: DNPM-DFPm, 1945. Disponível: <[http://acervo.cprm.gov.br/rpi\\_cprm/docreaderNET/DocReader.aspx?bib=COLECAO\\_DNPM&pesq=Boletim%20n%C2%BA%2072](http://acervo.cprm.gov.br/rpi_cprm/docreaderNET/DocReader.aspx?bib=COLECAO_DNPM&pesq=Boletim%20n%C2%BA%2072)>. Acesso: ago. 2024.

VAZ, S. M.. **O ciclo da mineração de scheelita no Nordeste**. Campina Grande-PB: Universidade Federal da Paraíba / Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, 1995. Disponível: <<http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/11524>>. Acesso: ago. 2024. (dissertação)

VILLAS-BÔAS, Ana Lucia. **Mineração e desenvolvimento econômico: a questão nacional nas estratégias de desenvolvimento no setor mineral (1930-1964) Vol. 1** / Ana Lucia Villas-Bôas. - Rio de Janeiro: CNPQ/CETEM, 1995. (Série Estudos e Documentos nº29)

WORSTER, D.. **Para fazer a História Ambiental**. In. Revista Histórica: História e Natureza, v.4, n.º8, 1991, p. 198-215. Rio de Janeiro: Editora FGV, 1991. Disponível: <<https://periodicos.fgv.br/reh/article/view/2324>>. Acesso: jun. 2024.

# **SUSTENTABILIDADE EM FOCO: AVALIAÇÃO DA IMPLEMENTAÇÃO DA AGENDA AMBIENTAL NO TRIBUNAL DE CONTAS DA PARAÍBA**

---

*Renata Maria Brasileiro Sobral Soares  
Kettrin Farias Bem Maracajá*

## **INTRODUÇÃO**

À medida que a humanidade é influenciada pelas inovações científicas, revela-se capaz de modificar e tentar controlar a natureza, frequentemente resultando em impactos ambientais irreversíveis. Este cenário impulsiona discussões sobre a necessidade de equilibrar o desenvolvimento econômico, a preservação ambiental e a equidade social, em resposta ao consumismo exacerbado que degrada os recursos naturais e reduz a qualidade de vida. Assim, a sustentabilidade emerge como um paradigma crucial do século XXI (Becks, 1992; Lemkow; Tàbara, 2006; Cruz, 2022).

A preocupação com o desenvolvimento sustentável ganhou destaque no século XX, impulsionada por problemas sociais e ambientais. Questões como analfabetismo, miséria e poluição levaram a discussões globais, destacando-se o trabalho de Carson (1962) sobre os impactos negativos da poluição. A ONU tem promovido iniciativas para enfrentar esses desafios, como a Conferência de Estocolmo em 1972 e a Rio-92, que resultou na Agenda 21, um plano para a construção de sociedades sustentáveis (Moreno; Oliveira, 2022; Prates *et al.*, 2022).

O consumo irresponsável dos recursos naturais gera consequências graves, como degradação ambiental e mudanças climáticas. A crise ambiental atual é vista através das lentes do Antropoceno, destacando o impacto humano nos sistemas terrestres, e do Capitaloceno, que

ênfatisa a exploraçãodesenfreada dos recursos naturais pelo capitalismo (Crutzem; Stoermer, 2000; Moore, 2016). Para enfrentar essa crise, é necessária uma transformação profunda nos sistemas sociais e econômicos em direção a modelos mais sustentáveis e equitativos.

O desenvolvimento sustentável é essencial para a continuidade da vida humana, abrangendo aspectos sociais, políticos, ambientais e econômicos (Molina, 2019). A Constituição Federal de 1988 do Brasil reconhece o direito a um meio ambiente ecologicamente equilibrado, impondo ao Poder Público e à coletividade a responsabilidade de protegê-lo. Durante a Conferência de 1992 no Rio de Janeiro, foi proposta a adoção do desenvolvimento sustentável, culminando na Agenda 21, que promove práticas ambientalmente corretas e justiça social (John; Silva; Agopyan, 2021).

Os recursos naturais são vitais para a sustentabilidade ambiental e a manutenção da vida no planeta. O consumo desenfreado desses recursos resulta em graves consequências, como degradação ambiental e escassez de água. A Administração Pública tem um papel crucial no desenvolvimento e implementação de políticas públicas que garantam o equilíbrio ambiental para as gerações presentes e futuras. A Agenda Ambiental na Administração Pública (A3P) foi criada para estimular os gestores públicos a incorporarem princípios de gestão ambiental em suas atividades cotidianas. A A3P visa promover a mudança de comportamento, resultando na redução de gastos e no consumo responsável, além de incentivar práticas sustentáveis no âmbito público. O Tribunal de Contas do Estado da Paraíba (TCE/PB) é um exemplo de instituição que adotou a A3P, formalizando sua adesão em 2018.

A problemática de pesquisa que orienta este estudo é: **Qual é a efetividade da implementação da A3P no Tribunal de Contas do Estado da Paraíba (TCE/PB) em termos dos procedimentos administrativos relacionados?** O objetivo geral desta pesquisa é analisar os procedimentos administrativos de prática ambiental relacionados à A3P

no Tribunal de Contas do Estado da Paraíba, propondo recomendações para adequar suas ações na diminuição dos impactos ambientais.

A Administração Pública é uma grande consumidora de recursos naturais e deve promover ações que estimulem a adoção de práticas ambientais responsáveis. A A3P é um programa que visa incorporar princípios de gestão ambiental nas instituições públicas, promovendo mudanças de comportamento que resultem na redução de gastos e no consumo responsável. Analisar a relação entre as normas ambientais e as práticas efetivas de uma instituição como o TCE/PB é essencial para avaliar a aplicabilidade da A3P. A pesquisa pode fornecer informações valiosas para futuras investigações, além de propor sugestões de adequação e aplicação dos eixos temáticos da Agenda. A conscientização e sensibilização dos participantes dos órgãos públicos são fundamentais para a efetividade da responsabilidade ambiental.

A escolha do TCE/PB como objeto de estudo se deve à sua preocupação com práticas sustentáveis. O programa de sustentabilidade "TODOS POR UM" do TCE/PB e o reconhecimento pelo Selo Verde A3P destacam seu compromisso com a sustentabilidade. Os resultados podem influenciar a formulação de políticas públicas mais eficazes, promovendo a sustentabilidade ambiental e melhorando a qualidade de vida dos cidadãos. Os aspectos administrativos, ambientais, jurídicos, sociais e educacionais da pesquisa fornecem uma compreensão abrangente da implementação da A3P, oferecendo contribuições teóricas e metodológicas originais que podem subsidiar futuras pesquisas e práticas sustentáveis em outros órgãos da administração pública.

## **FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

A preocupação com o meio ambiente é uma temática abrangente que envolve todos os setores da sociedade. As pesquisas nessa área

exigem uma abordagem interdisciplinar, visto que a conscientização sobre a crise ambiental atual é uma medida urgente e necessária. Essa conscientização deve ser baseada na ética e na educação, adotando uma perspectiva holística que modifica a relação entre o ser humano e o meio ambiente (Jolivet; Pavé, 1997; Batista, 2019).

A visão antropocêntrica do mundo, que coloca o ser humano no centro de todas as decisões e ações, têm levado a consequências drásticas para o meio ambiente. A conscientização sobre a crise ambiental atual requer novas reflexões socioambientais baseadas na ética e na educação, adotando uma perspectiva holística que modifica a relação entre o homem e o meio ambiente (Boff, 2005). São inúmeras as interpretações para o termo meio ambiente encontradas na literatura científica, realizadas por especialistas de diferentes ciências. O meio ambiente é direito fundamental de terceira geração, relacionado à fraternidade e à solidariedade entre os povos, reconhecido pela doutrina e pelo Superior Tribunal Federal como direito difuso de titularidade transindividual e transgeracional (Lenza, 2022).

Na legislação vigente, especificamente na Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), estabelecida pela Lei nº 6.938/1981, o meio ambiente é definido como um conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica que permitem, sustentam e regulam a vida em todas as suas formas. A legislação reconhece o meio ambiente como um patrimônio público a ser protegido e assegurado devido ao seu uso coletivo (Brasil, 1981). A Resolução CONAMA nº 306/02 também apresenta um conceito jurídico de meio ambiente que abrange aspectos físicos, químicos, biológicos, sociais, culturais e urbanísticos (Brasil, 2002). A Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (1989) define o meio ambiente como o espaço onde ocorre a interação dos componentes bióticos (fauna e flora), abióticos (água, rocha e ar) e biótico-abiótico (solo), incluindo também o componente cultural (ABNT, 1989).

A responsabilidade socioambiental das instituições envolve a adoção de uma gestão ética e sustentável, considerando os impactos sociais, ambientais e econômicos que causam na sociedade (Dias, 2012). A ISO 26000 define a responsabilidade socioambiental como a responsabilidade de uma organização pelos impactos de suas decisões e atividades na sociedade e no meio ambiente, adotando um comportamento ético e transparente que contribua para o desenvolvimento sustentável (Soares, Maracajá, 2024).

A sustentabilidade é crucial para equilibrar o ambiente e deve ser uma meta constante de observação. A utilização de recursos naturais é fundamental para o crescimento e progresso da sociedade, porém esses recursos são limitados e se esgotam com o tempo (Silva *et al.*, 2013). A conservação do meio ambiente está relacionada ao uso racional dos recursos naturais, envolvendo a utilização parcimoniosa para garantir sua disponibilidade às gerações futuras (de Oliveira, 2009).

O conceito de desenvolvimento sustentável foi formalizado no Relatório Brundtland de 1987, que define como o desenvolvimento que atende às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das futuras gerações de atenderem às suas próprias necessidades. A partir da Conferência de Estocolmo em 1972 e da Eco 92, esse conceito foi amplamente discutido e integrado nas políticas públicas globais (Scotti; Carvalho; Guimarães, 2007; de Passos, 2009).

A educação ambiental é um processo que visa desenvolver valores, conhecimentos, habilidades e atitudes voltadas para a conservação do meio ambiente (Batista *et al.*, 2021). A Lei nº 9.795/99, que institui a Política Nacional de Educação Ambiental, destaca a importância da educação ambiental em todos os níveis e modalidades de ensino (Brasil, 2009). A educação ambiental deve promover a mudança de comportamento em relação ao consumo e uso sustentável dos recursos naturais (Loureiro; Teixeira; Moraes, 2009).

A gestão pública sustentável é fundamental para a promoção de políticas que incentivem o uso responsável dos recursos naturais e a adoção de atitudes sustentáveis. O poder público deve liderar pelo exemplo, adotando práticas sustentáveis em suas operações diárias (Nascimento, 2012). A administração pública desempenha um papel importante na criação de novas formas de gerenciamento dos recursos disponíveis, seja em termos de investimentos, subsídios, transferências ou consumo (Dias, 2009).

A Agenda Ambiental na Administração Pública (A3P) foi criada em 1999 pelo Ministério do Meio Ambiente para incentivar os gestores públicos a incorporarem princípios e critérios de gestão ambiental em suas atividades cotidianas. A A3P é estruturada em seis eixos temáticos: gestão dos resíduos gerados, compras públicas sustentáveis, uso racional dos recursos naturais e bens públicos, construções sustentáveis, qualidade de vida no ambiente de trabalho, e sensibilização e capacitação dos servidores (MMA, 2009). A implementação da A3P envolve a criação de uma comissão gestora, a elaboração de um diagnóstico ambiental, o desenvolvimento de um plano de gestão socioambiental, a mobilização e sensibilização dos servidores, e a avaliação e monitoramento das ações (MMA, 2023).

A A3P visa promover a responsabilidade socioambiental na administração pública, incentivando ações que vão desde mudanças nos investimentos, compras e contratações de serviços até a conscientização e capacitação dos servidores. A adesão à A3P é voluntária e desempenha um papel estratégico na reformulação das práticas de consumo e na criação de novas táticas na busca da sustentabilidade socioambiental (MMA, 2009).

Para que a A3P se concretize, é necessário descrever e documentar adequadamente os objetivos, ações, prazos e recursos destinados à instalação da agenda. A implementação de um processo de gestão ambiental no setor público exige um planejamento baseado na participação

social dos envolvidos, formulando, implementando e avaliando políticas ambientais de acordo com a realidade e potencialidades de cada região (Dias, 2009).

Em resumo, a A3P tem como objetivo incorporar o princípio da responsabilidade socioambiental nas atividades da administração pública, promovendo práticas sustentáveis no cotidiano das instituições. Sua implementação é essencial para promover a sustentabilidade ambiental, econômica e social, contribuindo para a preservação dos recursos naturais e a melhoria da qualidade de vida das gerações presentes e futuras.

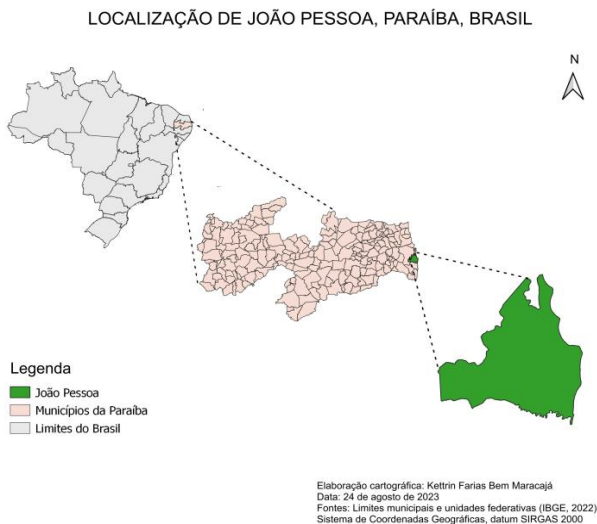
## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO: TCE/PB**

O Tribunal de Contas do Estado da Paraíba fica localizado na cidade de João Pessoa, capital do estado da Paraíba (Figura 1):



FIGURA 1 - LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DE JOÃO PESSOA/PB



Fonte: Maracajá (2022).

O TCE/PB foi instituído pela Lei 3.627, sancionada em 31 de agosto de 1970, ocorrendo a instalação em 1º de março do ano seguinte (TCE, 2023). Sua missão compreende, primordialmente, o exame das contas anuais dos chefes dos Poderes Executivo, Legislativo e Judiciário e as dos entes a estes vinculados. Isso envolve o julgamento de ações atinentes ao uso do dinheiro, bens e valores públicos, bem como a conferência dos atos de gestão de pessoal, no âmbito do Estado e dos Municípios.

O quadro de pessoal do Tribunal de Contas compõe-se atualmente de 445 servidores, sendo eles conselheiros, conselheiros substitutos, procuradores, auditores de contas públicas, técnicos de contas públicas, integrantes do apoio graduado, e integrantes dos serviços auxiliares de nível médio e básico, além dos comissionados e dos cedidos por outros órgãos (TCE, 2024).

Cabe ao Tribunal acompanhar a gestão, fiscalizar e analisar os processos de prestações de contas, atos de admissão de pessoal, aposentadorias e pensões, licitações, contratos e convênios de pelo menos 59 órgãos da administração estadual, a saber: 20 secretarias; 10 autarquias, 09 fundações; 12 sociedades de economia mista; 04 empresas públicas; 15 fundos; 06 órgãos em regime especial; 223 prefeituras municipais; 20 órgãos entre secretarias e outros da administração indireta do município de João Pessoa; 16 órgãos entre secretarias e outros da administração indireta do município de Campina Grande, para citar, apenas, os dois maiores. Para isso dispõe, atualmente, de, apenas, 85 dos 106 auditores de contas públicas que compõem o seu quadro, uma vez que os 21 restantes encontram-se ocupando cargos de diretoria ou de chefia na área administrativa ou prestando assessoria nos gabinetes dos relatores ou na Assessoria Técnica.

A partir de 2000, com a inclusão do TCE no PROMOSAT – Projeto de Modernização e Reestruturação da Administração Tributária / PROMAF – Projeto de Modernização da Administração Financeira, através do Projeto de Modernização do Tribunal de Contas do Estado (PROMETE), o processo de modernização do Tribunal, iniciado em 1994, com a implantação do processo de informatização, teve assegurada sua sistematização, permitindo a concretização do permanente interesse de todos em rever rotinas, ajustar procedimentos, descobrir formas novas e eficientes para fazer melhor velhas coisas, ganhar em velocidade e eficiência, preservando a legalidade e a moralidade públicas (TCE, 2023).

O TCE-PB lançou em 30 de janeiro de 2017, o seu programa de sustentabilidade denominada ‘TODOS POR UM’ - um TCE por todos e todos por um ambiente melhor. O programa agrupa ações de boas práticas de gestão que promovem o equilíbrio ambiental e a economia sustentável. Em reconhecimento por ações sustentáveis, o TCE da Paraíba já recebeu, em 2016, o Selo Verde A3P de Monitoramento da Agenda

A3P, programa do Ministério do Meio Ambiente que estimula instituições públicas do país a implementarem práticas de sustentabilidade. Ato contínuo, em 12 de novembro de 2018, foi assinado o termo de adesão entre o Ministério do Meio Ambiente e o Tribunal de Contas da Paraíba, concluindo assim, o processo de adesão ao programa.

O programa sustentável do TCE/PB tem como objetivo promover educação para a sustentabilidade e estimular, entre os servidores, mudanças de posturas e hábitos que contribuam para preservação ambiental e redução de gastos (TCE, 2023).

## MÉTODO

O método de pesquisa utilizado foi o dedutivo, que permite a formulação de hipóteses sobre uma série de eventos que podem ser generalizados sob a forma de leis e teorias. A Agenda Ambiental na Administração Pública foi analisada em relação ao TCE/PB para verificar o cumprimento das orientações propostas pela agenda e seus impactos na sociedade.

## PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa utilizou o método comparativo, conforme descrito por Fachin (2001), investigando semelhanças e diferenças entre os eixos temáticos da A3P e os dados coletados através de checklists e observação não participativa. O estudo de caso foi o método de investigação escolhido, pois permite uma compreensão aprofundada de fenômenos sociais complexos no contexto da realidade. A pesquisa foi qualitativa, buscando compreender a realidade social dos servidores do TCE/PB e foi caracterizada como descritiva e exploratória, proporcionando uma visão geral do tema pouco explorado.

Os dados foram coletados por meio de pesquisa bibliográfica e documental, utilizando dados primários e secundários. Dados primários foram coletados diretamente das fontes por meio de um checklist adaptado da cartilha A3P e do estudo de Freitas, Borgert e Pfitscher (2011), e por observação sistemática e registros fotográficos. O checklist foi validado por especialistas da área e composto por 45 questões divididas em seis eixos temáticos.

A análise dos dados foi realizada utilizando a técnica de análise de conteúdo, conforme Bardin (2016), envolvendo a organização, codificação, categorização e interpretação dos resultados. A análise temática transformou os dados brutos em categorias significativas para a discussão do assunto em estudo. A técnica SMART foi utilizada para avaliar os itens do checklist, assegurando a especificidade, mensurabilidade, alcançabilidade, relevância e temporalidade dos itens.

Os dados secundários foram coletados em livros, periódicos, revistas, jornais, teses e dissertações, fornecendo uma base teórica e comparativa para a pesquisa. A análise de dados foi tratada de forma qualitativa e descritiva, buscando elucidar a aplicação dos eixos temáticos da A3P no TCE/PB.

O esquema das etapas metodológicas foi elaborado para proporcionar uma visão estruturada do processo de pesquisa, garantindo consistência e coerência na condução do estudo, além de promover a transparência e replicabilidade da pesquisa.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os resultados da pesquisa indicam um panorama diversificado de adesão aos eixos temáticos da Agenda Ambiental na Administração Pública (A3P) no Tribunal de Contas do Estado da Paraíba (TCE/PB). Em relação ao eixo 1, que trata do uso racional dos recursos naturais e bens públicos, observou-se um compromisso significativo com a

implementação de práticas sustentáveis. A adoção de lâmpadas de LED e a instalação de uma miniusina fotovoltaica demonstram uma preocupação com a eficiência energética e a redução de custos operacionais. Além disso, a captação de água da chuva para uso em jardins e a troca de torneiras por modelos com temporizador refletem esforços concretos para economizar água. Contudo, ainda há desafios, como a substituição completa dos copos descartáveis por utensílios permanentes, o que sugere a necessidade de maior engajamento dos setores do órgão.

No eixo 2, que aborda a gestão adequada dos resíduos gerados, foram identificadas práticas positivas, como a implementação de coleta seletiva e o uso de resíduos orgânicos como adubo para uma mini horta. Essas ações não só reduzem a quantidade de resíduos destinados a aterros sanitários, mas também promovem a sustentabilidade e a inclusão social. O convênio com a EMLUR para o gerenciamento de resíduos sólidos reforça o compromisso do TCE/PB com a sustentabilidade. No entanto, a falta de uma política clara para a destinação de resíduos perigosos, como pilhas e baterias, destaca áreas que necessitam de melhorias.

A qualidade de vida no ambiente de trabalho, tratada no eixo 3, apresentou resultados mistos. A existência do Serviço de Assistência à Saúde (SAS) e a promoção de campanhas de conscientização indicam um cuidado com o bem-estar dos servidores. A acessibilidade física foi bem abordada com a instalação de rampas e corrimões, mas a ausência de atividades de ginástica laboral e programas de saúde ocupacional revela lacunas na promoção da saúde física e mental dos colaboradores. A integração social interna e externa, através de eventos e campanhas solidárias, é um ponto positivo que fortalece a coesão entre os servidores e a comunidade.

No eixo 4, relacionado à sensibilização e capacitação dos servidores, verificou-se a presença de ações pontuais de sensibilização, como adesivos e objetos que promovem a conscientização ambiental. No

entanto, a ausência de um plano estruturado e contínuo de capacitação evidencia uma área crítica que necessita de atenção. A implementação de programas de capacitação permanente em temas de sustentabilidade é essencial para fortalecer o compromisso dos servidores com práticas sustentáveis e promover uma cultura organizacional alinhada com os princípios da A3P.

O eixo 5, que trata das compras públicas sustentáveis, revelou uma falta de implementação significativa. A aquisição de papel reciclado e a substituição de lâmpadas comuns por LED são passos positivos, mas insuficientes. A ausência de licitações sustentáveis indica a necessidade de um plano de ação robusto que priorize a análise do ciclo de vida dos produtos e a incorporação de critérios ambientais, sociais e econômicos nas aquisições. A falta de conhecimento e resistência à mudança são desafios que precisam ser enfrentados para avançar neste eixo.

Por fim, o eixo 6, referente às construções, reformas e ampliações sustentáveis, não foi implementado pelo TCE/PB. A falta de critérios de sustentabilidade na construção ou reforma de edificações públicas resulta em maior consumo de recursos naturais, desperdício de energia e água, e aumento da emissão de gases de efeito estufa. A ausência de práticas sustentáveis na construção compromete a eficiência operacional e o bem-estar dos servidores e usuários dos serviços públicos, destacando a necessidade urgente de incorporar práticas construtivas ecologicamente responsáveis.

Através dos dados colhidos, aplicando-se o método SMART de avaliação, foi possível observar que:

## QUADRO 1- AVALIAÇÃO COM MÉTODO SMART.

<b>Específicos:</b>	<b>Total de itens: 45</b>
<b>Mensuráveis:</b>	Adere: 26 itens Não adere: 19 itens
<b>Alcançáveis:</b>	Pontuação: Adere: 57,8 % Não adere: 42,2%
<b>Relevante:</b>	Os itens do checklist são relevantes para o objetivo geral da pesquisa
<b>Temporal:</b>	Os itens do checklist são temporais, ou seja, podem ser verificados dentro de um prazo determinado.

Fonte: Elaborado pela autora (2024) adaptado de Doran (1981).

Os dados obtidos com a pesquisa demonstram que dos 45 itens constantes do checklist, 26 foram respondidos com “adere” e 19 foram respondidos com “não adere”, indicando que a porcentagem de adesão do TCE/PB ao orientado pela A3P é de 57.8%, o que denota que a maioria dos itens do checklist está em conformidade com os critérios estabelecidos (Quadro 1). Contudo, com 42.2% de itens que não aderem aos critérios da A3P, pôde-se identificar que uma parte considerável dos itens analisados não está em conformidade com os critérios estabelecidos.

Sendo assim, os resultados da avaliação mostram que mais da metade dos itens do checklist estão em conformidade (57.8%). Entretanto, ainda há uma parcela significativa que não atende aos critérios estabelecidos (42.2%), indicando que existem espaços para melhorias.

Especificamente em cada eixo, foi possível observar no que tange à adesão:

## QUADRO 2- AVALIAÇÃO DE ITENS POR EIXO

EIXO DA A3P	QUANTIDADE DE ITENS TOTAL POR EIXO	QUANTIDADE DE ITENS ADERE/NÃO ADERE POR EIXO
1. Uso racional dos recursos naturais e bens públicos	5	Adere: 3 Não adere: 2
2. Gestão adequada dos resíduos gerados	4	Adere: 3 Não adere: 1
3. Qualidade de vida no ambiente de trabalho	19	Adere: 16 Não adere: 3
4. Sensibilização e capacitação dos servidores	5	Adere: 2 Não adere: 3
5. Compras sustentáveis	10	Adere: 2 Não adere: 8
6. Construções, reformas e ampliações sustentáveis	2	Adere: 0 Não adere: 2

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Conforme o quadro acima, o TCE/PB vem implementando um conjunto de ações congruentes com as diretrizes dos Eixos 1, 2 e 3 da A3P, que dizem respeito ao uso racional dos recursos naturais e bens públicos, à gestão adequada dos resíduos gerados e a qualidade de vida no ambiente de trabalho. Em relação aos Eixos 4, 5 e 6, que tratam sensibilização e capacitação dos servidores, compras sustentáveis e construções, reformas e ampliações sustentáveis, tem-se ainda uma



avaliação negativa de implementação pelo órgão, sendo que o eixo 6 não foi atendido em nenhum aspecto (Quadro 2).

A não adesão integral aos eixos da Agenda pode ser relacionada à falta de uma cultura organizacional voltada de maneira mais efetiva para a sustentabilidade, bem como à ausência de conscientização dos servidores e gestores acerca dos benefícios decorrentes da adoção de práticas sustentáveis. Além disso, as limitações orçamentárias e financeiras também podem ser observadas como obstáculos significativos. A percepção de que práticas sustentáveis podem demandar investimentos adicionais e a falta de incentivos financeiros específicos para projetos sustentáveis dificultam a viabilização de iniciativas mais inovadoras e eficazes (Torres, 2020).

Complementando a análise, é necessário considerar que a implementação eficaz das práticas sustentáveis requer um compromisso contínuo e multifacetado (Maracajá, 2012), que inclui não apenas a conscientização e treinamento dos servidores, mas também a criação de incentivos financeiros específicos para projetos sustentáveis. Estratégias de comunicação interna podem ser implementadas para garantir que todos compreendam a importância e os benefícios das práticas sustentáveis (Teixeira, 2007). A inclusão de metas e objetivos de sustentabilidade nos planos estratégicos do TCE/PB e o estabelecimento de indicadores de desempenho podem ajudar a garantir a adesão contínua e a melhoria do desempenho em relação à A3P.

Sendo assim, correlacionado com as dimensões da Sustentabilidade, é possível observar que a instituição ainda encontra dificuldades para adesão plena às diretrizes A3P, atendendo apenas parcialmente as necessidades sociais, ambientais e econômicas abrangidas pela Agenda.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao analisar as normas ambientais e administrativas, é evidente que a Agenda Ambiental na Administração Pública (A3P) busca promover a responsabilidade socioambiental nas atividades do setor público. A A3P incentiva a adoção de práticas sustentáveis nas instituições públicas, estabelecendo diretrizes que abrangem coleta seletiva, educação ambiental, licitações sustentáveis, uso racional de recursos naturais e melhoria da qualidade de vida no ambiente de trabalho. Essas diretrizes visam orientar as instituições públicas na adoção de medidas que promovam a sustentabilidade e o desenvolvimento sustentável, alinhando suas atividades administrativas e operacionais aos princípios e objetivos da sustentabilidade socioambiental.

A pesquisa comparou as práticas sustentáveis implementadas pelo TCE/PB com as diretrizes da A3P, utilizando métodos dedutivos e estudos de caso. Caracterizada como descritiva e exploratória, a análise foi realizada através da aplicação de um checklist e observação não-participante, utilizando o método de Análise de Conteúdo e respaldando a avaliação dos itens do checklist com o método SMART.

Os resultados evidenciaram que a A3P desempenha um papel crucial ao estimular a reflexão sobre os desafios ambientais em todos os níveis da Administração Pública. No entanto, existe uma lacuna significativa na implementação de políticas, programas e conhecimentos relacionados ao consumo e produção sustentáveis. A pesquisa destacou a importância da capacitação dos órgãos públicos para que possam utilizar seu poder de compra de maneira alinhada ao desenvolvimento sustentável e em conformidade com a legislação vigente.

É essencial que os servidores públicos adotem uma abordagem inovadora, atendendo às expectativas das partes interessadas e garantindo um desempenho administrativo eficiente. Incorporar a sustentabilidade e a responsabilidade socioambiental em suas atividades é crucial.

O uso eficiente dos recursos públicos pode ser um poderoso instrumento para promover a sustentabilidade, melhorando a gestão pública e avançando para um modelo de desenvolvimento mais sustentável e responsável.

Concluiu-se que o Tribunal de Contas do Estado da Paraíba (TCE/PB) atende parcialmente às diretrizes propostas pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) conforme a Agenda Ambiental da Administração Pública (A3P). Dos 45 itens avaliados no checklist, 26 foram respondidos como "adere" e 19 como "não adere", indicando que o TCE/PB tem uma adesão de 57,8% às diretrizes da A3P. Contudo, com 42,2% dos itens não aderentes, identificou-se que uma parte significativa das práticas ainda não está em conformidade com os critérios estabelecidos. Os eixos 1, 2 e 3 foram avaliados positivamente, enquanto os eixos 4, 5 e 6 receberam avaliações negativas.

Ressalta-se que a adesão formal do TCE/PB à A3P ocorreu em 2018 e, durante a pandemia, houve alterações na logística de funcionamento do órgão, comprometendo a evolução de práticas sustentáveis. Assim, é necessário um maior investimento na sensibilização e capacitação dos servidores para a implementação plena de todos os eixos da Agenda.

Para pesquisas futuras, sugere-se a aplicação de estudos semelhantes em outras instituições públicas para verificar a extensão da adesão à A3P e as práticas aplicadas. Recomenda-se também a realização de estudos que identifiquem métodos apropriados de mensuração de desempenho ambiental por meio de indicadores quantitativos complementares.

## **RECOMENDAÇÕES**

Para fortalecer a implementação dos eixos da A3P no TCE/PB, especialmente em relação aos itens com menor adesão, são sugeridas as seguintes ações, separadas por eixo temático:

- **Eixo 1 (Uso natural dos recursos naturais e bens públicos):** evitar a aquisição de copos plásticos descartáveis para eventos institucionais, devendo os organizadores disponibilizarem a compra de copos descartáveis de papel ou ainda de copos permanentes, conforme demanda (Vieira e Silva, 2020); Disponibilizar canecas, pratos e utensílios permanentes para uso comum dos servidores.
- **Eixo 2 (Gestão adequada dos resíduos gerados):** proceder com o descarte de pilhas, baterias, lâmpadas, produtos eletrônicos e seus componentes em obediência ao sistema de logística reversa preconizado pela Lei 12.305/2010, devolvendo-se esses itens para os comerciantes.
- **Eixo 3 (Qualidade de vida no ambiente de trabalho):** promover um programa de ginástica laboral e incentivar os servidores a entender a necessidade de participação (Prates, 2022); Desenvolver junto ao setor médico e psicológico um programa de saúde ocupacional e fomentar a prática de medidas preventivas relacionadas às doenças profissionais e do trabalho; Criar um setor de acompanhamento nutricional, podendo-se utilizar das copas existentes no órgão para preparo de receitas saudáveis, promovendo novos hábitos além de estimular a interação social
- **Eixo 4 (Sensibilização e capacitação dos servidores):** realizar um levantamento das necessidades de capacitação e sensibilização dos servidores, por meio de questionários, entrevistas e grupos focais; Identificar as lacunas de conhecimento e as áreas prioritárias para intervenção; Desenvolver programas de capacitação voltados para temas como sustentabilidade, gestão ambiental, eficiência energética, entre outros (Soares; Maracajá, 2024); Criar campanhas de sensibilização que abordem a importância da sustentabilidade e do comprometimento dos

servidores com as práticas sustentáveis; Estabelecer parcerias com instituições de ensino, ONGs e especialistas na área de sustentabilidade e educação ambiental para desenvolver e implementar os programas de capacitação; Promover a troca de experiências e boas práticas com outros órgãos e instituições que já tenham experiência na implementação de programas de sensibilização e capacitação em sustentabilidade; Integrar os princípios da sustentabilidade nos processos, procedimentos e cultura organizacional do Tribunal; Fomentar o engajamento dos servidores por meio de campanhas de incentivo, reconhecimento e valorização das ações sustentáveis realizadas (Lenza, 2022); Incentivar a participação ativa dos servidores na implementação das ações de capacitação e sensibilização, promovendo uma cultura de responsabilidade compartilhada.

- **Eixo 5 (Compras sustentáveis):** proceder a análise das licitações recentemente realizadas pelo TCE/PB, identificando oportunidades de incorporação de critérios sustentáveis em obediência à Lei 14.133/2021; Avaliar o impacto ambiental, social e econômico das compras e contratações realizadas, identificando áreas de melhoria; Promover capacitação específica para os setores internos responsáveis pelas licitações, abordando conceitos, princípios e práticas de compras públicas sustentáveis; Priorizar fornecedores e empresas contratadas que atuem com responsabilidade social e ambiental; Fomentar o diálogo e a troca de informações com outros órgãos públicos e entidades que possuam experiência na implementação de licitações sustentáveis (Nascimento, 2012).
- **Eixo 6 (Construções, reformas e ampliações sustentáveis):** Avaliar o desempenho ambiental, social e econômico das construções existentes, identificando áreas de melhoria e oportunidades para projetos futuros; Sensibilizar os profissionais

envolvidos sobre a importância e os benefícios das práticas sustentáveis na construção civil (Soares; Maracajá, 2024); Estabelecer metas e indicadores de desempenho sustentável para orientar e avaliar os projetos realizados pelo Tribunal; Promover a divulgação e o compartilhamento de informações sobre os projetos de construção sustentável realizados pelo TCE/PB, destacando os benefícios, os resultados e os impactos positivos alcançados, bem como os reflexos na sociedade.

Em síntese, a implementação dessas recomendações não apenas fortalecerá os eixos da A3P no Tribunal de Contas do Estado da Paraíba (TCE/PB), mas também contribuirá significativamente para a promoção da sustentabilidade ambiental, a melhoria da qualidade de vida no ambiente de trabalho e o desenvolvimento de uma cultura organizacional comprometida com práticas sustentáveis. Ao adotar medidas concretas em cada um dos eixos temáticos propostos, o TCE/PB estará não apenas cumprindo com suas responsabilidades institucionais, mas também demonstrando seu compromisso com a proteção do meio ambiente e o bem-estar de seus servidores e da sociedade como um todo.

## REFERÊNCIAS

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. Edição revista e ampliada. São Paulo: Edições 70 Brasil, [1977] 2016.

BATISTA, A. S.; MORAES, I. C. de; ALBUQUERQUE, J. de L.; CORREIA-NETO, J. da S. *Gestão Ambiental nas Universidades Públicas Federais: A Apropriação do Conceito de Desenvolvimento Sustentável a Partir da Agenda Ambiental na Administração Pública (A3P)/Environmental Management in the Federal Public Universities: The Appropriation of the Concept of Sustainable Development from*

the Environmental Agenda in Public Administration (A3P). ID on line. **Revista de Psicologia**, v. 13, n. 44, 2019.

BATISTA, L;; SANTANA, J;; BRITO, S;; CORREIA, S;; MARACAJÁ, K. Educação Ambiental em Iniciativas de Turismo de Base Comunitária: Uma Congruência para Inovação Social. **Rosa dos Ventos**, v. 13, n. 04, 2021.

BECKS, U. **The risk Society**. London, 1992.

BOFF, L. **Valores de uma prática militante**. São Paulo: Expressão Popular, 2005.

BRASIL. **Decreto nº 5.940, de 25 de outubro de 2006**. Out. 2006. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2004-2006/2006/Decreto/D5940.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Decreto/D5940.htm). Acesso em: 15 jan. 2023.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Agenda Ambiental na Administração Pública – A3P (Cartilha Completa)**. 5. ed. Brasília, 2009.

CRUTZEN, P.; STOERMER, E. The Anthropocene. **IGBP Global Change Newsletter**, n. 41, 2000.

CRUZ, R. R.; VIEIRA, L. B. Educação ambiental: a importância do trabalho interdisciplinar. **Revista de Comunicação Científica**, v. 10, n. 1, 2022.

DE OLIVEIRA, A. F. Aplicações clínicas do ozônio na odontologia. **Saúde.com**, v. 5, n. 2, p. 128-140, 2009.

DE PASSOS, P. N. C. A conferência de Estocolmo como ponto de partida para a proteção internacional do meio ambiente. **Revista Direitos Fundamentais & Democracia**, v. 6, 2009.

DIAS, R. **Gestão ambiental: responsabilidade social e sustentabilidade**. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

DIAS, R. **Gestão ambiental: responsabilidade social e sustentabilidade**. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2012.

FACHIN, O. **Fundamentos de metodologia**. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2001.

FREITAS, C. L. de; BORGERT, A.; PFITSCHER, E. D. **Agenda Ambiental na Administração Pública: uma análise da aderência de uma IFES às diretrizes propostas pela A3P**. 2011.

JOLIVET, M.; PAVÉ, A. O meio ambiente: questões e perspectivas para a pesquisa. In: VIEIRA, P. F.; WEBER, J. (org.). **Gestão de recursos naturais renováveis e desenvolvimento: novos desafios para a pesquisa ambiental**. São Paulo: Cortez, 1997.

LAZARIAN, C.; DE BARROS, S. M. Sustentabilidade Ecológica e a Água da Vida. **Revista Fragmentos de Cultura-Revista Interdisciplinar de Ciências Humanas**, v. 22, n. 4, p. 367-376, 2012.

LEMKOW, L.; TÀBARA, D. Environmental sociology. **Papers. Revista de Sociologia**, 82, 2006.

LENZA, P. **Direito Constitucional Esquematizado**. 26. ed. São Paulo: Saraiva, 2022.



LOUREIRO, M. R.; TEIXEIRA, M. A. C.; MORAES, T. C. Democratização e reforma do Estado: o desenvolvimento institucional dos tribunais de contas no Brasil recente. **Revista de Administração Pública**, v. 43, p. 739-772, 2009.

MMA. **Relatório Produto**. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2009.

MMA. **Relatório Produto**. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2023.

MOLINA, M. C. G. Desenvolvimento sustentável: do conceito de desenvolvimento aos indicadores de sustentabilidade. **Revista Metropolitana de Governança Corporativa**, v. 4, n. 1, 2019.

MOORE, J. **The Rise of Cheap Nature. In: Anthropocene or Capitalocene?** Nature, History, and the Crisis of Capitalism. Oakland: PM Press, 2016.

MORENO, D. H.; OLIVEIRA, G. B. Do Estado Novo ao governo de João Goulart: incidência do nacional desenvolvimentismo sobre o meio ambiente. **Revista Brasileira de Planejamento e Desenvolvimento**, Curitiba, v. 11, n. 4, Edição Especial, 2022.

NASCIMENTO, E. de P. Trajetória da sustentabilidade: do ambiental ao social, do social ao econômico. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 26, n. 74, 2012.

PRATES, L. A. Territorialização da agenda ambiental global na Serra do Espinhaço/MG. **Pretexto**. Universidade FUMEC. v. 23, n. 1, 2022.

SILVA, V. de P. da S.; ALEIXO, D.; DANTAS NETO, J.; MARACAJÁ, K.; ARAUJO, L. Uma medida de sustentabilidade ambiental: Pegada hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 1, 2013.

SOARES, R. M. B. S.; MARACAJÁ, K. F. B. A relevância da educação ambiental para o fomento da gestão pública sustentável. **Contribuciones a las ciencias sociales**, v. 17, n. 3, p. e5801-e5801, 2024.

VIEIRA, I. L.; SILVA, E. R. Revisão narrativa sobre práticas de gestão ambiental nas instituições públicas de ensino superior brasileiras. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 16, n. 42, 2020.

# TENDÊNCIA E PREVISIBILIDADE DE DOENÇAS RESPIRATÓRIAS POR INFLUENZA EM IDOSOS NO ESTADO DA PARAÍBA

---

*Madson Tavares Silva*

*Jullianna Vitória de Azevedo Tavares*

*Everton de Araújo Medeiros*

*Dimas de Barros Santiago*

*Pedro Fernandes de Souza Neto*

## INTRODUÇÃO

Os vírus influenza são da família dos Ortomixovírus e subdividem-se em três tipos: A, B e C, de acordo com sua diversidade genética. Os vírus A são classificados em subtipos de acordo com as variações antigênicas em suas proteínas de superfície H (hemaglutina) e N (neuraminidase) e as cepas B em duas linhagens geneticamente distintas, Yamagata e Victoria. Os tipos A e B têm relevância clínica em seres humanos segundo Cox (1999) e CDC (2007), além de sofrerem frequentes mutações, são responsáveis pelas epidemias sazonais, como também por epidemias de doenças respiratórias que ocorrem em quase todos os invernos, as quais durante de quatro a seis semanas e que, frequentemente, são associadas com o aumento das taxas de hospitalização e morte por pneumonia, especialmente em pacientes que apresentam condições e fatores de risco. Os vírus C raramente causam doenças graves e apenas os vírus A têm sido identificados nas pandemias (Fiori, 2013).

No século passado, ocorreram grandes pandemias como a gripe Espanhola, que em 1918-1919 levou a óbito aproximadamente 50 milhões de pessoas em todo o mundo, a gripe Asiática, em 1957, e a de Hong Kong, em 1968, que dizimaram, cada uma, entre 1-4 milhões de

pessoas conforme Beigel *et al.* (2005) e Taubenberger (2006). Em 2009 ocorreu a primeira pandemia de influenza A do século XXI, pelo vírus influenza H1N1 (Carneiro, 2010).

Para Brasil (2013), a influenza ocorre durante todo o ano, mas é mais frequente no outono e no inverno, quando as temperaturas caem, principalmente no sul e sudeste do país. Com os modernos meios de transporte, a propagação do vírus da influenza tornou-se muito rápida, e hoje o mesmo vírus pode circular, ao mesmo tempo, em várias partes do mundo, causando epidemias quase simultâneas. Em anos epidêmicos, a taxa de ataque na comunidade atinge aproximadamente 15%, sendo ao redor de 2% em anos não epidêmicos. Em comunidades fechadas, este número sobe para 40 a 70%, sendo que a taxa de ataque secundário situa-se ao redor de 30%. Tanto a morbidade quanto a mortalidade, devido à influenza e suas complicações, podem variar ano a ano, dependendo de fatores como as cepas circulantes, o grau de imunidade da população geral e da população mais suscetível, entre outros (Brasil, 2006).

Pesquisadores da Biometeorologia Humana têm descrito vários fatores que comprovam a ação da atmosfera sobre a saúde humana. Para Tromp (1980), uma atmosfera com baixos valores de umidade relativa do ar e velocidade do vento é um ambiente propício para o desenvolvimento do vírus *influenza* (vírus da gripe). Este autor, entre outras citações, afirma que o corpo humano possui órgãos ou centros registradores de estímulos meteorológicos que podem iniciar um processo de enfermidade, agravar doenças pré-existentes ou até levar pessoas a óbito, conforme a intensidades destes estímulos. Em outro trecho de sua obra, classifica a gripe como uma doença de inverno. Esta classificação é confirmada pela literatura da medicina, em Sounis (1985), quando o autor afirma que o vírus influenza, doença de distribuição mundial, tem marcado preferência para os meses mais frios do inverno.

A análise de séries temporais compreende no método de análise de dados de séries ao longo do tempo, a fim de extrair estatísticas significativas e outras características dos dados. A partir do uso de um modelo ainda é possível prever valores futuros com base nos valores observados anteriormente (Box e Jenkins, 1976).

Werner e Ribeiro (2003), ainda destacam que a previsão é uma das principais razões da popularidade dos modelos BOX e JENKINS, genericamente conhecidos por modelos ARIMA (*Auto Regressive Integrated Moving Averages*). Tais modelos matemáticos são caracterizados pela extração do comportamento da correlação seriada ou autocorrelação entre os valores da série temporal e com base nesses comportamentos torna-se possível realizar previsões futuras.

Modelos de dados de séries temporais podem apresentar diferentes formas e representam diferentes processos estocásticos. Ao modelar variações no nível de um processo, três grandes classes de importância prática, são os modelos auto-regressivos (AR), os modelos integrados (I), e os que são modelos de médias móveis (MA). Estas três classes dependem linearmente em pontos de dados anteriores. As combinações destas idéias produzem os modelos auto-regressivo de média móvel (ARMA) e autoregressivos integrados ao modelo de média móvel (ARIMA) (Ljung e Box, 1978).

Modelos estatísticos podem projetar como doenças infecciosas possam progredir para uma possível epidemia, servindo assim como ferramenta para a gestão em saúde pública. Esses modelos baseiam-se em alguns pressupostos básicos e alguma álgebra para estimar parâmetros associados a várias doenças infecciosas, conseqüentemente, utiliza-se as estimativas desses parâmetros para calcular os efeitos de possíveis intervenções, como os programas de vacinação.

O presente estudo tem como objetivo a partir de técnicas de análise de séries temporais identificar padrões sazonais de registros de internações por Influenza ou Pneumonia (PI) nas regiões os municípios da

Região Metropolitana de João Pessoa (RMJP) (João Pessoa, Santa Rita, Bayeux e Cabedelo) na Mesorregião do Litoral e para um município de cada uma das demais Mesorregiões do Estado da Paraíba no período de janeiro de 2002 a dezembro de 2013 e ainda através de modelos Box-Jenkins compor a previsão de ocorrências de PI nos anos de 2014 e 2015.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **LOCALIDADES DE ESTUDO**

O estudo foi realizado para os municípios da Região Metropolitana de João Pessoa (João Pessoa, Santa Rita, Bayeux e Cabedelo) na Mesorregião do Litoral e para um município de cada uma das demais Mesorregiões do Estado da Paraíba, conforme Figura 1.

### **CLIMA DAS LOCALIDADES**

Campina Grande possui um clima com temperaturas mais moderadas, considerado tropical com estação seca (As, de acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger), com chuvas concentradas nos meses de outono e inverno, principalmente entre abril e julho, sendo este último o mês de maior precipitação, com média de 154 milímetros (mm). No verão, as temperaturas ficam mais altas, com máximas entre 28 °C e 30 °C. Já no inverno, o tempo não chega a esquentar, com máximas entre 25 °C e 27 °C, e mínimas de 18 °C (INMET, 2015).

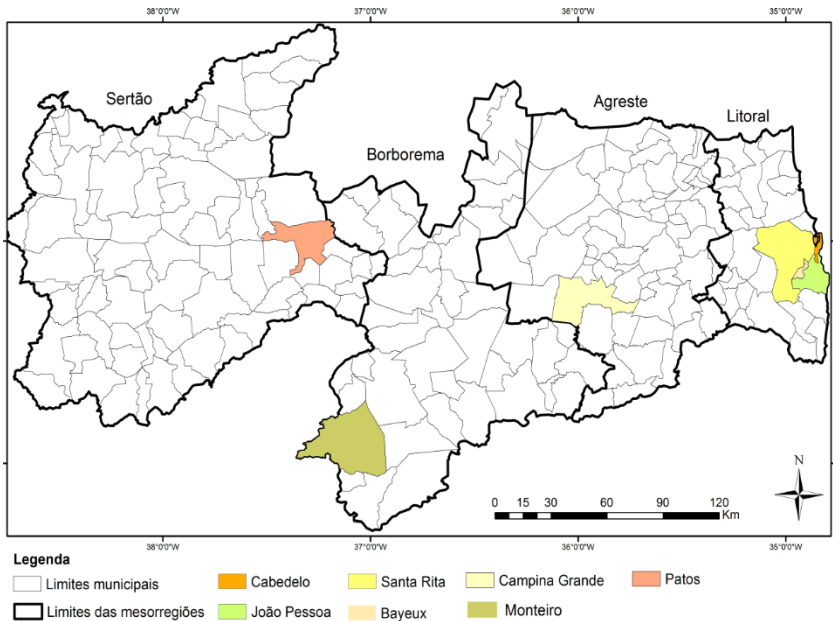
O clima de João Pessoa é tropical úmido (tipo Am na classificação climática de Köppen-Geiger), com índices relativamente elevados de umidade do ar, e temperaturas médias anuais em torno dos 26 °C. A principal estação chuvosa, conhecida como "inverno", inicia-se em março e termina em agosto. São duas estações climáticas definidas apenas pela quantidade pluviométrica, sem alteração significativa na

temperatura. As chuvas ocorrem no período de "outono e inverno" e durante todo o resto do ano o clima é de muito sol (INMET, 2015).

O município de Monteiro tem um clima semiárido quente e seco (Bsh) com chuvas de verão, segundo a classificação de W. Köppen. É o clima típico de toda a mesorregião. As chuvas sobre o semiárido paraibano apresentam-se com melhor distribuição temporal e espacial a partir do mês de fevereiro, quando a Zona de Convergência Intertropical, principal sistema meteorológico gerador de chuvas nesse setor, passa a atuar com maior ênfase (INMET, 2015).

O clima de Patos é semiárido quente (tipo Bsh na Classificação climática de Köppen-Geiger), quente e seco, com poucas chuvas. A temperatura média anual é de 25,5 °C, sendo janeiro o mês mais quente (26,8 °C) e julho o mais frio (23,3 °C). A precipitação média anual é de 728 milímetros (mm). Os meses mais chuvosos são março (213 mm) e abril (177 mm), enquanto agosto (3 mm) e setembro (1 mm) são os mais secos. Patos se encontra na 18ª colocação no ranking das 20 cidades mais quentes do Brasil (INMET, 2015).

FIGURA 1 - LOCALIZAÇÃO DOS MUNICÍPIOS DO ESTADO DA PARAÍBA A SEREM ESTUDADOS.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

## DADOS DE INTERNAÇÕES HOSPITALARES

A população do estudo foi formada por idosos de 65 anos ou mais, que moram nos respectivos municípios das áreas de estudo, e foram internados por Influenza ou Pneumonia (PI) no período de 2002 a 2013, faixa etária que apresenta maior mortalidade por PI, e é favorecida pelo Ministério da Saúde pela vacinação gratuita contra influenza desde o ano 1999. Foram analisadas todas as internações por PI nos idosos de 65 anos ou mais, segundo **Código Internacional de Doenças CID 10**, abrangendo as internações Hospitalares realizadas no período de janeiro de 2002 a dezembro de 2013 no universo de atendimento dos



municípios citados. De todos os hospitais próprios e conveniados ao SUS (Sistema Único de Saúde) por meio do preenchimento das AIHs (autorização para internação hospitalar). Todas essas informações são registradas e arquivadas no banco de dados do SUS. Estes bancos de dados são compostos pelos registros de pagamentos efetuados pelo SUS aos prestadores de serviço. Dentre uma série de informações contidas neste banco de dados, foram selecionadas para este trabalho a data da internação, o diagnóstico e idade do paciente. Esta análise de dados foi feita exclusivamente pela pesquisadora respeitando a necessidade da interpretação dos dados.

## ANÁLISES DAS SÉRIES TEMPORAIS

A tendência temporal das séries mensais da variável dependente (registros de internações por PI) foi avaliada pelo teste não paramétrico de Mann-Kendall (MK) a 5% de probabilidade. O teste de Mann-Kendall (Mann, 1945; Kendall, 1975) consiste em comparar cada valor de uma série ao longo do tempo com os valores em ordem sequencial. O número de vezes em que os termos restantes são maiores do que em análise é computado. Sob a hipótese  $H_0 =$  “As observações da série são independentes e identicamente distribuídas” e  $H_1 =$  “As observações da série possuem tendência monótona no tempo”. Este teste baseia-se na estatística  $S$  definido a partir da Equação (1):

$$S = \sum_{i=2}^n \sum_{j=1}^{i-1} \text{sign}(x_i - x_j), \quad (1)$$

em que:  $x_j$  são os valores de dados sequenciais,  $n$  é o comprimento de a série de tempo e sinal  $(x_i - x_j)$  é 1 para  $(x_i - x_j) < 0$  para  $(x_i - x_j) = 0$ , e 1 para

$$E[S] = 0 \tag{2}$$

$$Var[S] = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^q t_p(t_p-1)(2t_p+5)}{\frac{p-1}{18}}, \tag{3}$$

$(x_i - x_j) > 0$ . O tempo médio de  $E[S]$  e a variância  $V[S]$  de estatística  $S$  podem ser dadas de acordo com as Equações (2) e (3), respectivamente:

em que  $t_p$  é o número de ligações para o valor de ordem  $p$  e  $q$  é a número de valores vinculados. O segundo termo representa um ajuste para os dados ligados ou censurados. O teste padronizado estatística ( $Z_{MK}$ ) é calculado pela Equação (4):

$$Z_{MK} = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{Var(S)}} se S > 0 & se S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{Var(S)}} se S < 0 \end{cases} \tag{4}$$

A presença de uma tendência estatisticamente significativa é avaliada utilizando-se o valor  $Z_{MK}$ . Esta estatística é utilizada para testar a hipótese nula de que não existe tendência. Um valor positivo  $Z_{MK}$  indica uma tendência de aumento, enquanto que um valor negativo indica uma tendência decrescente. Para testar tendência monotônica ao nível de significância  $p$ , a hipótese nula é rejeitada se o valor absoluto  $Z_{MK}$  é maior que  $Z_{MK1-p/2}$ , que é obtido a partir da tabela da normal padrão. Em geral, os níveis de significância  $p = 0,01$  e  $0,05$  são adotados. A magnitude do

$$\beta = Median \left[ \frac{(x_j - x_i)}{(j-i)} \right] \text{ para todo } i < j. \tag{5}$$

declive da tendência foi obtida como se segue (Hirsch *et al.*, 1982) pela Equação (5):

Seguidamente aplicou-se o Teste de não-estacionaridade (Dickey-Fuller) que indica a possibilidade da hipótese nula, ou seja, da existência de raiz unitária na série temporal de PI de acordo com a Equação (6).

$$y_t = \phi y_{t-1} + \varepsilon_t \rightarrow \{H_0: \phi = 1 \quad H_1: \phi < 1\} \quad (6)$$

Caso esta hipótese não seja rejeitada a série possuirá raiz unitária, portanto, não será estacionária. Para evitar o problema da autocorrelação dos resíduos, recomenda-se a utilização do teste ADF (Dickey-Fuller Aumentado), que engloba a equação das defasagens para eliminação do problema de autocorrelação dos resíduos. Segundo Arêdes e Pereira (2008), o teste mais simples para analisar a estacionaridade em séries temporais é dado pela obtenção dos coeficientes de autocorrelação e autocorrelação parcial, a partir dos quais são construídos os respectivos correlogramas: FAC (função de autocorrelação) e FACP (função de autocorrelação parcial), que por sua vez representam as inspeções gráficas das defasagens.

## MODELOS DE MÉDIAS MÓVEIS E AUTOREGRESSIVOS

Dentre as classes de modelos propostos por Box e Jenkins (1976), foi utilizado neste estudo o modelo ARIMA para estimativa de registros de interações por PI, que pode ser representado pela Equação (7):

$$y_t = a_0 + a_1 y_{t-1} + \dots + a_p y_{t-p} + \varepsilon_t + \beta_1 \varepsilon_{t-1} + \dots + \beta_q \varepsilon_{t-q} \quad (7)$$

Nesta equação, o termo  $a_0$  representa uma constante no modelo estimado,  $a_1$  até  $a_p$  são parâmetros que ajustam os valores passados de  $y_t$  do instante imediatamente anterior até o mais distante representado por  $p$ .

Os valores de  $\varepsilon_t$ , ou seja, o componente errático da série representa uma sequência de choques aleatórios e independentes uns dos outros,  $\varepsilon_t$  é uma porção não controlável do modelo é chamado comumente de ruído branco. Os parâmetros  $1$  até  $q$  possibilitam escrever a série em função dos choques passados. Em geral, cada  $t$  é considerado como tendo distribuição normal, com média zero, variância constante e não correlação. Os critérios de seleção do modelo ARIMA utilizado tomou como base a variância estimada, e são descritos como AIC (*Akaike's Information Criterion*) e o BIC (*Bayesian Information Criterion*), que podem ser obtidos pelas Equações (8) e (8), respectivamente:

$$AIC = -2\log L(\theta) + 2p \quad (8)$$

$$BIC = -2\log L(\theta) + p \log(n) \quad (9)$$

em que:  $\log L(\theta)$  denotam o valor da máxima verossimilhança como função objetiva para um modelo com  $p$  parâmetros de ajuste para  $n$  pontos de dados.

Em linhas gerais, dentre os vários modelos apresentados, escolhe-se aquele que apresenta menor AIC e BIC. Salienta-se também que a escolha deverá levar em consideração os modelos parcimoniosos, ou seja, aqueles que apresentam o menor número de parâmetros. Por fim, é recomendável que esses critérios sejam avaliados conjuntamente, pois são complementares e não excludentes.

Para avaliar o desempenho do modelo ARIMA na estimativa dos valores de LI previstos e observados, respectivamente, foram utilizados os seguintes índices estatísticos:

O erro médio absoluto (EMA) representa o módulo da diferença entre o valor observado e o valor estimado foi determinado pela Equação (10):

$$EMA = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |O_i - E_i| \quad (10)$$

em que:

E<sub>i</sub> - valor estimado

O<sub>i</sub> - valor observado

n - número de observações

O erro médio percentual EMP(%) diz respeito ao percentual de vies dos valores simulados em relação aos observados. Quanto mais próximo de zero for o valor deste coeficiente melhor o modelo representará a realidade, ou seja, menor a tendência nas estimativas e, além disso, serve também como indicativo se o modelo é pobre em representatividade (Moriassi *et al.*, 2007). Liew *et al.* (2007) apresentaram a seguinte classificação: |EMP| < 10%, muito bom; 10% < |EMP| < 15%, bom; 15% < |EMP| < 25%, satisfatório e |EMP| > 25%, o modelo é inadequado. O erro médio percentual foi obtido pela Equação (11):

$$EMP(\%) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{O_i - E_i}{E_i} \right| \times 100\% \quad (11)$$

em que:

E<sub>i</sub> - valor estimado

O<sub>i</sub> - valor observado

n - número de observações

As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software R (R Core Team, 2014).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### SAZONALIDADE CLIMÁTICA E INFECÇÕES RESPIRATÓRIAS NOS TRÓPICOS

Em países de clima temperado, as epidemias de gripe são mais comuns no inverno (STEPHENSON e ZAMBON, 2002). Porém, observações em um número de países nos trópicos têm mostrado um padrão sazonal de infecções por influenza. CHEW *et al.* (1998) encontraram para Cingapura consistente picos anuais de influenza A (junho-julho e novembro-janeiro) no entanto os autores não encontraram associação direta com fatores meteorológicos. Todavia, tais autores ainda identificaram que os surtos de gripe tendem a ocorrer durante a estação chuvosa.

Dosseh *et al.* (2000) em estudos durante um período de 2,5 anos na localidade de Dakar, Senegal, observaram que em pacientes que apresentaram sintomas de gripe foi identificado em cerca de 5,9% dos pacientes com vírus influenza, com picos registrados durante os períodos de alta pluviosidade, temperatura do ar e umidade relativa do ar.

No presente estudo, foi possível perceber um padrão sazonal não muito marcante da morbidade hospitalar por causas relacionadas à influenza nas localidades utilizadas, nos anos observados, sendo principalmente associados aos meses com menores registros de temperatura média do ar. Entretanto alguns anos apresentam-se de forma anômala, possivelmente em decorrência de fatores não descritos na composição do processo de modelagem do estudo. A RMJP apresentou para todos os anos os maiores registros de internações por PI, justificado pelo

cômputo de ocorrências de 4 municípios (João Pessoa, Bayeux, Santa Rita e Cabedelo). Todavia as condições meteorológicas observadas para essa região se apresentam de forma mais homogênea, não apresentando grandes amplitudes em suas variáveis, com exceção a precipitação pluvial. Dessa forma fica evidente que localidades com estações climáticas mais definidas, os picos de internações foram geralmente identificados com os meses relacionados ao inverno. A aglomeração populacional em decorrências de baixa temperatura e alta pluviosidade, em determinadas épocas do ano, contribuem para a maior transmissibilidade do vírus.

#### ANÁLISE DE TENDÊNCIA PARA OS CASOS DE INTERNAÇÕES

De acordo com a Tabela 1 analisar a tendência das séries temporais dos registros de internações por PI para as localidades de Campina Grande, RMJP, Monteiro e Patos utilizando o teste de Mann-Kendall, com nível de significância adotado de 0,05 como também os resultados de estacionariedade das séries temporais obtidos pelo teste de Dick-Fuller. A partir dos resultados do teste de Mann-Kendall pode-se verificar que a única localidade que não apresenta tendência significativa é Monteiro ( $p$ -valor  $> 0,05$ ). Entretanto, pelo teste da raiz unitária de Dick-Fuller que verifica a hipótese da série temporal de PI ser não estacionária ( $H_0$ ) observa-se que  $H_0$  foi rejeitada para todas as localidades. Sendo assim admite-se que todas as séries temporais são estacionárias

TABELA 1- ANÁLISE DESCRITIVA DO TESTE DE MANN-KENDALL (TENDÊNCIA) E DICK-FULLER (ESTACIONARIEDADE).

Localidade	Análise de tendên- cia		Análise de estacionarie- dade	
		p-va- lor	DF	p-valor
Campina Grande	0,383	< 0,001	-4,068	0,01
RMJP	0,592	< 0,001	-4,077	0,01
Monteiro	0,112	0,058	-3,470	0,04
Patos	-	< 0,001	-3,628	0,03
	0,332			

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

A distribuição dos registros de internações e tendência obtida pelo teste de Mann-Kendall (Figura 2) para localidade de Campina Grande (a) RMJP (b), Monteiro (c), Patos (d) no período de janeiro de 2002 a dezembro de 2013 ratificam os parâmetros obtidos nos testes discutidos anteriormente. Todavia as tendências de crescimento visualizadas, principalmente para Campina Grande (2a) e RMJP (2b), não necessariamente farão parte da composição da previsão para períodos próximos, pois se torna importante a análise das séries temporais observando a sucessão de períodos de acréscimo/decrécimo e tendência de valores próximos à média.

Todavia é importante ressaltar a grande contribuição nas análises apresentadas, principalmente no tocante do conhecimento da magnitude, distribuição e sazonalidade da morbidade hospitalar por causas relacionadas à influenza em idosos, nas localidades de estudo. Pois foram verificados padrões distintos, no que se refere a períodos que antecederam os picos de ocorrências das internações, principalmente para Campina



Grande (2a) e RMJP (2b). Para Monteiro (2c) e Patos (2d) tais padrões na descrição da sazonalidade das internações por PI não são verificados. Observou-se para Monteiro tendência de aumento pouco significativo.

Sendo assim para as três localidades supracitadas existem possíveis justificativas para o aumento dos casos de internações em idosos se devem além do aumento da expectativa de vida e aos avanços na vigilância em saúde, ao fato de que o Sistema de Informações Hospitalares do SUS – SIH/SUS se apresentar como fonte de dados epidemiológicos, ainda que sujeito a distorções, vem se aprimorando gradativamente (Bittencourt *et al.*, 2006). O SIH/SUS é um sistema de informações em saúde desenhado para fins administrativos e seu uso prioritário está associado ao repasse de recursos (Silva Junior *et al.*, 2000). Não se trata de um sistema de informações universal, haja vista não incluir os hospitais não conveniados ao SUS. Entretanto, o SIH/SUS conta com ampla inserção e reúne dados de grande parte das internações hospitalares contratadas e conveniadas ao SUS (Carvalho, 1997).

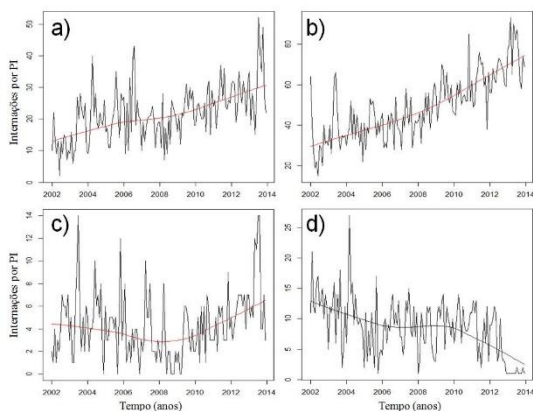
De acordo com Veras e Martins (1994), estudos de validação das informações contidas nas variáveis das AIH (o instrumento de coleta de dados desse sistema), ao compará-las com as dos prontuários, têm demonstrado mais de 80% de concordância para diagnósticos com códigos da CID de três dígitos, bem como para as variáveis demográficas. Desse modo, ainda é considerado vantajoso o uso desses dados para a obtenção de informações diagnósticas.

Sendo assim, o CDC (2007) relata outra condição relevante de limitação para este estudo, o que diz respeito à escolha das causas de internações estudadas. Estudos de análise da contribuição da influenza nas hospitalizações e óbitos, sem confirmação laboratorial de detecção de vírus influenza, podem apresentar imprecisões em seus diagnósticos. Não obstante reconhecíveis as limitações enfrentadas pelo estudo em mãos, é possível afirmar que as análises apresentadas contribuem para um maior conhecimento da magnitude, distribuição e sazonalidade da

morbidade hospitalar por causas relacionadas à influenza em idosos (Daufenbach, 2009).

Segundo (Brasil, 2006), tanto a morbidade quanto a mortalidade, devido à influenza e suas complicações, podem variar ano a ano, dependendo de fatores como as cepas circulantes, o grau de imunidade da população geral e da população mais suscetível, entre outras variáveis não descritas aqui neste estudo (Brasil, 2006). Logo, em decorrência da multiplicidade de ocorrências de internações por PI na série analisada, o ajuste do período das campanhas de vacinação contra influenza deve se adequar às características locais, no que remete a condições do clima. Pois se sabe que tais campanhas são realizadas de forma padronizada, para todas as Regiões brasileiras, no final do mês de abril de cada ano.

FIGURA 2 - DISTRIBUIÇÃO DOS REGISTROS DE INTERNAÇÕES E TENDÊNCIA OBTIDA PELO TESTE DE MANN-KENDALL PARA LOCALIDADE DE CAMPINA GRANDE (A) RMJP (B), MONTEIRO (C), PATOS (D) NO PERÍODO DE JANEIRO DE 2002 A DEZEMBRO DE 2013.

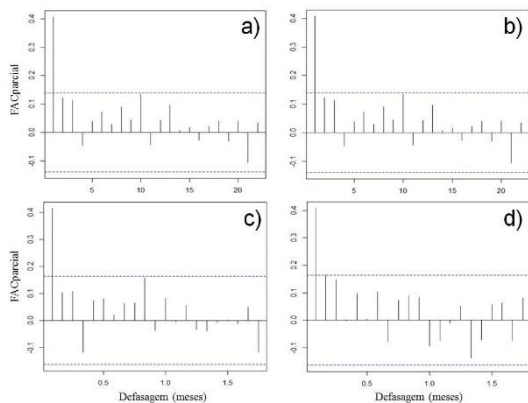


Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

TESTE DE ESTACIONARIEDADE E FUNÇÃO DE AUTOCORRELAÇÃO

A identificação do potencial modelo para a previsão através das análises dos gráficos da função de autocorrelação parcial (FACP) dos registros de internações para localidade de Campina Grande (3a), RMJP (3b), Monteiro (3c) e Patos (3d) no período de janeiro de 2002 a dezembro de 2013. A série possui comportamento não aleatório, e tipicamente estacionário, na função de autocorrelação parcial existe um único grande pico de 0,4 e *lag*1 no defasamento, o que é típico de um processo autoregressivo de ordem um. As defasagens estão apresentadas em unidade de tempo (meses), ou seja, nessa análise associa-se o grau de relação entre o tempo presente ( $t_1$ ) com o tempo passado ( $t-1$ ), da extração das componentes da FACP compõem-se os parâmetros do modelo ARIMA a ser definido para previsão da série temporal de PI. Os *lags* ou tempo de defasagem foram da ordem de 30 dias (1mês) para Campina Grande (3a) e RMJP (3b) e da ordem de 15 dias para Monteiro (3c) e Patos (3d). Podendo ser justificado pela análise de correspondência dos extratos da FACP da série para cada localidade, como também da definição do tipo de modelo autoregressivo a ser definido.

FIGURA 3- DISTRIBUIÇÃO DA FUNÇÃO DE AUTOCORRELAÇÃO PARCIAL (FACP) DOS REGISTROS DE INTERNAÇÕES PARA LOCALIDADE DE CAMPINA GRANDE (A) RMJP (B), MONTEIRO (C), PATOS (D) NO PERÍODO DE JANEIRO DE 2002 A DEZEMBRO DE 2013.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Conforme se observa na Tabela 2 para localidade de Campina Grande, conclui-se que o potencial modelo ARIMA identificado é o AR(1), D(0) e MA(1), ou seja, com o parâmetro  $p=1$ ,  $d=0$  e  $q=1$ . Em que  $p$  representa o número de termos autoregressivos,  $d$  é o número de diferenças, e  $q$  é o número de termos da média móvel.

TABELA 2 - RESULTADOS DO MODELO ARIMA PARA LOCALIDADE DE CAMPINA GRANDE

Coeficientes	Modelo1	Modelo 2	Modelo 3
	ARIMA(1,0,1)	ARIMA(1,0,2)	ARIMA(2,0,1)
Intercepto	21,9241	21,8998	21,7259
AR(1)	0,9734	0,9832	0,5642
AR(2)	-	-	0,1747
MA(1)	-0,8044	-0,7626	0,2929

Coeficientes	Modelo1	Modelo 2	Modelo 3
	ARIMA(1,0,1)	ARIMA(1,0,2)	ARIMA(2,0,1)
MA(2)	-	-0,0775	-
AIC	997,12	998,09	1000,33
BIC	1009	1012,94	1015,17

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Tais composições tomam como base o critério de análise dos índices penalizadores AIC e BIC, sendo assim procuram-se os menores valores de tais índices para escolha do modelo ideal para previsão da série temporal de PI. Observa-se que a localidade de João Pessoa (RMJP) (Tabela 3), também apresentou um ARIMA (1,0,1), ou seja,  $d=0$  o que representa o número de diferenças encontradas, modelos com essa característica tornam-se modelos ARMA (p,q). Outra característica dos modelos ARMA (p,q) é a presença do intercepto, que representa o deslocamento da origem do eixo Y, tanto para efeitos de tendência positiva quanto negativa.

TABELA 3 - RESULTADOS DO MODELO ARIMA PARA RMJP.

Coeficientes	Modelo1	Modelo 2	Modelo 3
	ARIMA(1,0,1)	ARIMA(1,0,2)	ARIMA(2,0,1)
Intercepto	50,8233	51,8687	50,4183
AR(1)	0,9592	0,9899	0,3785
AR(2)	-	-	0,4341
MA(1)	-0,6198	-0,6871	0,0611
MA(2)	-	-0,1039	-
AIC	1088,82	1089,66	1090,05
BIC	1100,7	1104,51	1104,9

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Conforme se observa nas Tabelas 4 e 5 para as localidades de Monteiro e Patos, respectivamente. Apresentaram modelos ARIMA identificados como AR(1), D(1) e MA(1), ou seja, com o parâmetro  $p=1$ ,  $d=1$  e  $q=1$ . Os valores de AIC foram de 686,71 para Monteiro e de 987,45 para Patos. Os valores de BIC também foram menores para o Modelo 1, para ambas localidades.

TABELA 4 - RESULTADOS DO MODELO ARIMA PARA LOCALIDADE DE MONTEIRO.

Coeficientes	Modelo1	Modelo 2	Modelo 3
	ARIMA(1,1,1)	ARIMA(1,1,2)	ARIMA(2,1,1)
Intercepto	-	-	-
AR(1)	0,2766	0,3474	0,2754
AR(2)	-		0,0183
MA(1)	-0,9129	-0,9883	-0,9159
MA(2)	-	0,0658	-
AIC	686,71	688,66	688,67
BIC	695,6	700,51	700,52

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Verifica-se ainda que tanto para Monteiro quanto para Patos a ausência do intercepto, e presença do termo da diferença ( $d$ ). Tais características são inerentes aos modelos ARIMA, que utilizam do termo  $d$  para aproximação do modelo ARMA ( $p,q$ ).

TABELA 5 - RESULTADOS DO MODELO ARIMA PARA LOCALIDADE DE PATOS.

Coeficientes	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
	ARIMA(1,1,1)	ARIMA(1,1,2)	ARIMA(2,1,1)
Intercepto	-	-	-
AR(1)	0,1282	0,4786	0,1438
AR(2)	-	-	0,1381
MA(1)	-0,8841	-1,2258	-0,9135
MA(2)	-	0,2907	-
AIC	987,45	988,57	987,26
BIC	996,34	1000,42	999,11

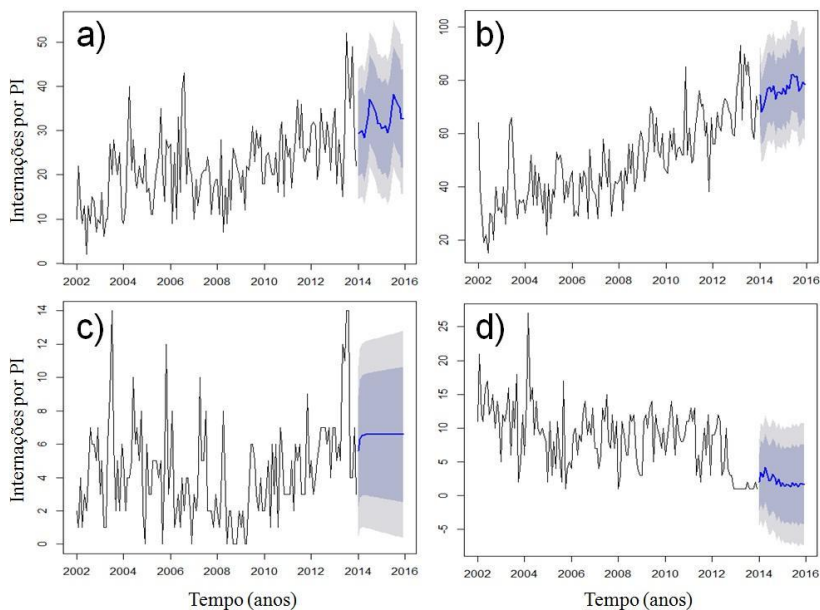
Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

A partir da Figura 4 observa-se a série original e com os valores previstos dos registros de internações para localidade de Campina Grande (a) João Pessoa (b), Monteiro (c), Patos (d) no período de janeiro de 2002 a dezembro de 2013 e previsão para o período de janeiro de 2014 a dezembro de 2015. As composições dos valores previstos estão dentro do intervalo de confiança na série original, entretanto o comportamento da série apresenta oscilações diferenciadas para cada localidade. Em Campina Grande (Figura 4a) verifica-se um pequeno e suave decréscimo nos valores de internações por PI, que não apresenta muitas oscilações em relação aos valores originais. Estes valores de certa forma também podem ser vistos como uma média das observações passadas, mas dentro de uma tendência de baixa, tal fato pode ser justificado pelo aumento das temperaturas médias do ar nos meses de maiores internações, ou ainda por campanhas de vacinação mais efetivas.

Os valores previstos apresentam tendência significativa de aumento para João Pessoa (Figura 4b), ainda é notório que o comportamento da previsão é bem melhor descrito quando comparado às demais

localidades, justificado pela menor amplitude dos desvios. A aleatoriedade é extremamente associada às localidades de Monteiro (4c) e Patos (4d) fazendo com que o modelo de previsão seja suavizado em torno da média geral. Tal variabilidade na série temporal resulta em muitas possibilidades para o modelo, fazendo com que sua interpretação se limite a valores próximos à média dos valores passados.

FIGURA 4 - DISTRIBUIÇÃO DOS REGISTROS DE INTERNAÇÕES PARA LOCALIDADE DE CAMPINA GRANDE (A) RMJP (B), MONTEIRO (C), PATOS (D) NO PERÍODO DE JANEIRO DE 2002 A DEZEMBRO DE 2013 E PREVISÃO PARA O PERÍODO DE JANEIRO DE 2014 A DEZEMBRO DE 2015.



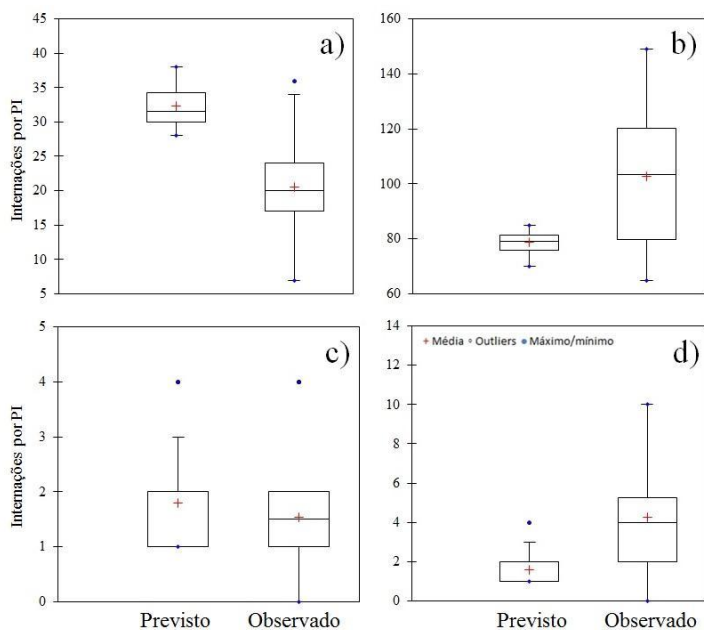
Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Os valores previstos de internações por PI (Figura 5) para localidade de Campina Grande (5a) RMJP (5b), Monteiro (5c), Patos (5d) para o período de janeiro de 2014 a dezembro de 2015 apresentaram



pouca capacidade de explicação quando comparados aos dados observados. Os modelos ARIMA utilizados na previsão alternam casos de super/subestimativas, casos das localidades de Campina Grande (5a) e RMJP (5b), respectivamente.

FIGURA 5 - DISTRIBUIÇÃO DOS REGISTROS PREVISTOS E OBSERVADOS DE INTERNAÇÕES PARA LOCALIDADE DE CAMPINA GRANDE (A) RMJP (B), MONTEIRO (C), PATOS (D) NO PERÍODO DE JANEIRO DE 2014 A DEZEMBRO DE 2015.



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Os EMP% foram da ordem de 30%. E ainda como esperados as localidades de Monteiro (5c) e Patos (5d) os erros associados às previsões foram bem inferiores tendo em vista que suas simulações apresentaram valores em torno da média. Todavia, pelo teste não-paramétrico

de Mann-Whitney apenas Monteiro apresentou alguma significância entre as duas séries (previstos e observados), de acordo com o teste ambas fazem parte da mesma distribuição. Ainda é notório que o comportamento da previsão é bem melhor descrito quando apresenta a menor amplitude dos desvios, ou seja, as estimativas dos episódios de PI na maioria dos casos não conseguiram descrever as oscilações naturais dos registros de internações. Tal variabilidade e dificuldade na previsão podem ser resultados das subnotificações de casos de PI que influenciaram na composição do modelo ARIMA, como também numa maior incidência de registros no período de 24 meses que fizeram parte da previsão.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

De forma geral pode-se verificar que os maiores picos de internações por PI ocorrem no outono e inverno. Embora as variáveis climáticas estudadas estejam interligadas entre si, esses resultados sugerem uma maior associação entre a redução da temperatura e as internações por influenza e causas associadas. Contudo, para PI a sazonalidade não é tão marcante para as localidades estudadas, exceto para a RMJP, que apresenta estações climáticas mais bem definidas.

O presente estudo foi capaz de identificar os picos de internações por influenza para cada município. No entanto, estabelecer um período adequado para realização das campanhas de vacinação contra influenza, torna-se extremamente complexo, em decorrência da multiplicidade de casos de internações por PI na série analisada, pois o ajuste do período das campanhas de vacinação contra influenza deve se adequar às características locais, no que remete a condições do clima. Ao invés de ser realizadas de forma padronizada, para todas as Regiões brasileiras, no final do mês de abril de cada ano.

A modelagem estatística não apresentou resultados satisfatórios para análise e previsão de registros de internações por PI no período de

janeiro de 2014 a dezembro de 2015, entretanto a partir da análise da série temporal de PI foi possível determinar as características sazonais e de amplitude dos valores observados. Demonstra-se assim a necessidade de aprofundamento das análises temporais, pois há indícios que a ocorrência PI está associada a fatores que são determinantes para o processo saúde-doença nos indivíduos. Sendo importante, explorar outras variáveis (sociais, econômicas, nutricionais, sanitárias, susceptibilidade dos indivíduos, entre outras) que possam ter influência nas internações com o propósito de subsidiar, com evidências relevantes, os programas de promoção, prevenção e assistência à saúde desse segmento populacional.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Paraíba (FAPESQ) pelo financiamento do Projeto de Pesquisa (Termo nº 3.033/2021) e a concessão da bolsa de pós-doutoramento (Termo nº 2176/2023) ao quarto autor e de doutoramento ao quinto autor (Termo nº 2176/2023). Além disso, agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) pelo apoio financeiro através do processo (1177/2022). Agradecem também ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da Bolsa de Produtividade em Pesquisa (307608/2022-0) ao primeiro autor.

## **REFERÊNCIAS**

ARÊDES, A. F.; PEREIRA, M. W. G. Potencialidade da utilização de modelos de séries temporais na previsão do preço do trigo no estado do Paraná. **Revista de Economia Agrícola**, São Paulo, v. 55, n. 1, p. 6376, jan./jun., 2008.

BEIGEL J.H., FARRAR J, HAN A.M., HAYDEN F.G., HYER R, JONG M.D. *et al.* Avian influenza A (H5N1) infection in humans. **The Writing Committee of the World Health organization (WHO) consultation on human Influenza A/H5.** *N. Engl. J. Med.* 2005

BITTENCOURT, S. A.; CAMACHO, L. A. B.; LEAL, M. C. O Sistema de Informação Hospitalar e sua aplicação na saúde coletiva.  *Cadernos de Saúde Pública*, v.22, n.1, p.:19-30, 2006.

BOX, G. E. P.; JENKINS, G. M. **Time series analysis forecasting and control.** San Francisco: *Holden-Day*. Edição revisada, 1976.

BRASIL. **Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância das Doenças Transmissíveis.** Protocolo de tratamento de Influenza: 2013. Brasília: *Ministério da Saúde*, 2013.

BRASIL. **Ministério da saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Departamento de vigilância epidemiológica.** Doenças infecciosas e parasitárias: *guia de bolso*. 6. ed. rev., Brasília, 2006.

CARNEIRO M.; TRENCH FJ.P.; WAIB L.F.; PEDRO F.L.; MOTTA F. Influenza H1N1 2009: revisão da primeira pandemia do século XXI. *Rev. AMRIGS*. v.54, n.2, p. 206-13, 2010.

CARVALHO, D. M. Grandes sistemas nacionais de informação em saúde: revisão e discussão da situação atual. **Informe Epidemiológico do SUS**,v. 4, p.7-46, 1997.

CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION  
(CDC). **Prevention and control of seasonal influenza with vaccines.**  
MMWR Recomm Rep. 2013

CHEW, F. T.; DORAISINGHAM, S.; LING, A. E.; KUMARA-  
SINGHE, G.; LEE, B.W. Seasonal trends of viral respiratory tract in-  
fections in the tropics. **Epidemiol Infect** , v. 121, p. 121–128, 1998.

COX, N.J.; SUBBARAO K. Influenza. **Lancet** , v.354, p. 1277-1282,  
1999.

DAUFENBACH L.Z., CARMO E.H., DUARTE E.C, CAMPAGNA,  
A.S., TELES C.A.S. Morbidade hospitalar por causas relacionadas à  
influenza em idosos no Brasil, 1992 a 2006. **Epidemiol Serv. Saúde**,  
2009

DOSSEH A, NDIAYE K, SPIEGEL A, SAGNA M, MATHIOT C.  
Epidemiological and virological influenza survey in Dakar, Senegal:  
1996–1998. **Am J Trop Med Hyg**, v. 62, p. 639–643, 2000..

FIORI, A.E.; BRIDGES C.B.; KATZ J.M.; COX N.J. Inactivated in-  
fluenza vaccines. In: Plotkin S, Orenstein W, Offit P (Editors). *Vac-  
cines*. **Philadelphia, PA: Saunders Elsevier**, 2013.

INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia - Banco de Dados Me-  
teorológicos para Ensino e Pesquisa**. Disponível  
em :<<http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/>>Acesso: 20 de  
janeiro de 2015.

KENDALL, M.G., 1975. **Rank Correlation Measures**. Charles Grif-  
fin, p. 220.

LIEW, M. W.; VEITH, T. L.; BOSCH, D. D.; ARNOLD, J. G. SUITABILITY of SWAT for the Conservation effects assessment project: A comparison on USDA-ARS watersheds. **Journal of Hydrological Research**, v.12, p.173-189, 2007.

LJUNG, G. M. & BOX, G. E. P. On a measure of lack of fit in time series models. **Biometrika**, v. 65, p. 297-303, 1978.

MANN, H.B. Nonparametric tests against trend. **Econometrica**, v. 13, p. 245–259, 1945..

MORIASI, D. N.; ARNOLD, J. G.; LIEW, M. W. VAN; BINGER, R. L.; HARMEL, R. D.; VEITH, T. L. Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. **Transactions of the ASABE**, v. 50, p. 885-900, 2007.

SILVA JUNIOR J. B.; MENDES, A. C. G.; CAMPOS NETA, T. J.; LYRA, T. M.; MEDEIROS, K. R, SÁ DA. Sistema de Informações Hospitalares – fonte complementar na vigilância e monitoramento de doenças transmitidas entre pessoas. **Informe Epidemiológico do SUS**, v.9, n.2, p.:137-162, 2000.

SOUNIS, E. **Epidemiologia aplicada**. Livraria Atheneu. Rio de Janeiro. 1985

STEPHENSON, I.; ZAMBON, M. The epidemiology of influenza. **Occup. Med.** v.52, p.241–247, 2002.

TAUBENBERGER, J. K.; MORENS, D. M. 1918 **Influenza: the mother of all pandemics**. *Emerg. Infect. Dis.* 2006

TROMP, S.W. **Biometeorology** - The impact of the weather and climate on Human and their environment (animals and plants). Editor L.C. Thomas, Heyden & Son Ltd. 1980.

WERNER, L.; RIBEIRO, J. L. D. Previsão de demanda: uma aplicação dos modelos Box-Jenkins na área de assistência técnica de computadores pessoais. **Gestão e Produção**, v. 10, n. 1, p. 47-67, 2003.

# **SISTEMAS DE SECAGEM SOLAR: UMA REVISÃO DE LITERATURA DE ALTERNATIVAS SUSTENTÁVEIS PARA A REDUÇÃO DE DESPERDÍCIOS NA FRUTICULTURA**

---

*Michel Barros Silva*

*Mario Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti Mata*

*Rafaela Duarte Almeida*

*Jorge Jacó Alves Martins*

## **INTRODUÇÃO**

A produção de alimentos é uma área crucial para garantir a segurança alimentar e nutricional da população global. Sendo a produção um processo complexo que envolve várias etapas, desde o cultivo das matérias-primas até a distribuição dos produtos finais para os consumidores. Dentro desse contexto, a fruticultura desempenha um papel fundamental na oferta de frutas frescas e saudáveis para consumo humano. Em 2021, o Brasil produziu um volume de aproximadamente 40 milhões de toneladas de frutas (FAO, 2021), fazendo o país ocupar o terceiro lugar no ranking mundial de produtores. Assim a fruticultura está entre os principais geradores de renda, de empregos e de desenvolvimento rural, representando um importante parcela na economia do país.

No entanto, um dos grandes desafios enfrentados nesse setor é o desperdício, que ocorre em várias etapas do processo, desde o transporte até a chegada ao consumidor final. No relatório da ONU de 2024 estima-se que os desperdícios chegam a 1 bilhão de refeições de 2022, enquanto a fome afetou 783 milhões de pessoas e um terço da humanidade enfrentou insegurança alimentar. Nesse mesmo ano, foram gerados 1,05 bilhão de toneladas de resíduos alimentares, totalizando 132



quilos per capita e quase um quinto de todos os alimentos disponíveis para os consumidores (Forbes et al., 2024).

Pesquisas indicam que as perdas pós-colheita de produtos agrícolas são de 30-40% da produção. O desperdício de frutas pode ocorrer devido a diversos fatores, como danos durante o transporte, perdas durante a colheita devido a técnicas inadequadas, ou um tempo de prateleira curto que limita a vida útil das frutas nos mercados. Essas perdas não apenas impactam negativamente o meio ambiente, mas também resultam em uma significativa perda de renda para os agricultores. Estima-se que a quantidade de alimentos desperdiçados na América Latina poderia alimentar 300 milhões de pessoas (Nukulwar & Tungikar, 2022).

Uma das alternativas promissoras para reduzir essas perdas e agregar valor aos produtos é a desidratação das frutas. Esse processo envolve a remoção da água das frutas, aumentando assim sua vida útil e tornando-as mais resistentes ao transporte e armazenamento. Além disso, a desidratação permite que as frutas sejam comercializadas durante todo o ano, mesmo fora da temporada de colheita, gerando oportunidades de negócio adicionais para os agricultores. Portanto, a desidratação das frutas emerge como uma estratégia eficaz para enfrentar os desafios de desperdício na fruticultura, ao mesmo tempo em que contribui para a oferta de alimentos de qualidade e sustentabilidade no setor alimentício (Lingayat et al., 2020).

Buscando uma forma de produção de frutas desidratadas voltamos a nossa atenção para os secadores solares. A secagem solar tem várias vantagens em relação à secagem com energia elétrica: os secadores solares são mais econômicos em comparação com os secadores que funcionam com combustíveis convencionais ou eletricidade; o processo de secagem é concluído de maneira ecológica; os sistemas de secagem têm baixos custos operacionais e de manutenção, por fim um secador típico

pode durar entre 15 e 20 anos com manutenção mínima (Kumar Jangde; Singh; Vellingri Arjunan, 2022).

Tecnicamente, os secadores solares podem ser categorizados em três tipos diferentes: secadores passivos e secadores ativos. Nos secadores solares passivos, o ar flui de forma natural, enquanto nos secadores ativos o ar circula com o auxílio de uma forma externa, como um cooler. Os secados passivos e ativos ainda podem ser subdivididos em 3 categorias: direto, indireto e misto. A distinção entre o direto e o indireto fica a cargo do produto a ser seco fica exposto diretamente a radiação solar ou não. O secador misto é uma combinação dos secadores do tipo direto e indireto (Devan et al., 2020).

A energia solar para secagem ainda não foi amplamente comercializada devido ao investimento caro, tempo e intensidade limitados de radiação incidente, mão de obra pouco qualificada para operação de secagem e má manutenção dos equipamentos. A principal razão é que os secadores solares não foram projetados tendo em mente a viabilidade econômica. Uma variedade de secadores solares com diferentes tipos e tamanhos criam incerteza na mente dos usuários (Lingayat et al., 2020).

Portando, esse trabalho, tem como objetivo fazer uma revisão e análise dos estudos realizados na área de secadores solares por meio de uma coleta de dados, assim como, apresentação e explicação de detalhes do sistema de funcionamento, dos diferentes tipos de secadores solares existentes, para as mais diferentes aplicações que assim possam ser levadas em consideração nos mais diversos trabalhos e experimentos.

## REVISÃO DE LITERATURA

### PROCESSO DE SECAGEM DE ALIMENTOS

Remover a água dos alimentos para evitar o crescimento bacteriano é um método de preservação de alimentos conhecido como secagem. A secagem é um processo complicado com transferência instável de calor e massa, ou transformações físicas ou químicas que podem afetar a qualidade do produto. Envolve processos simultâneos de transferência de calor e massa à medida que o produto é aquecido e então a umidade é removida (Kushwah et al., 2023).

Algumas vantagens poder ser atribuídas aos alimentos que passaram pelo processo de secagem: (1) Aumento da vida útil, (2) o valor alimentício do produto concentra-se por causa da perda de água, (3) com a perda de água o alimento torna-se leve, facilitando o transporte e armazenamento e (4) redução nas perdas pós-colheitas (Celestino, 2010).

Diferentes métodos de secagem estão disponíveis, como secagem convectiva, secagem indireta, secagem dielétrica ou por microondas, liofilização e secagem natural (céu aberto) (Chandra Mohan & Talukdar, 2010). A secagem que trabalharemos nesse texto será a secagem solar.

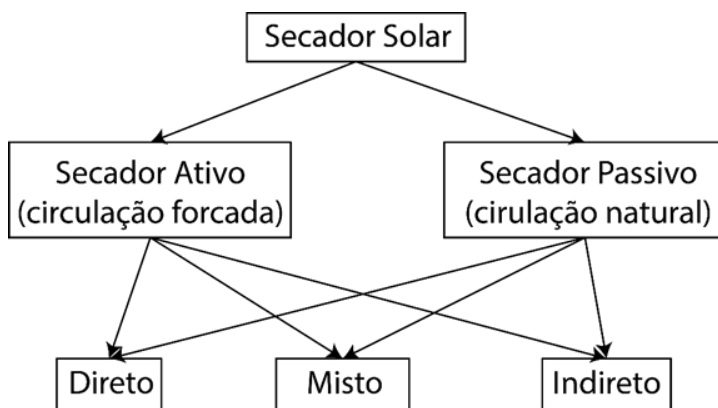
O secador solar é utilizado principalmente para secar frutas e vegetais e o produto final é limpo e higiênico, se forem tomadas as devidas providências (Anderson & Westerlund, 2014). Também economiza energia e ocupa menos espaço. A principal importância do secador solar é que ele protege o meio ambiente ao não liberar monóxido de carbono, dióxido de carbono, óxidos de nitrogênio e outras fumaças liberadas por motores de combustão interno e usinas de energia. Muitos produtos alimentares podem ser secos através da secagem solar. Frutas como, uvas, maçãs, abacaxi, bananas, tâmaras, beterrabas, mangas, etc., e vegetais

como tomates, cebolas, batatas, cenouras, etc., e grãos como trigo, arroz, milho, etc., e ervas e especiarias, como pimenta, tulsí, alho, gengibre, etc., e culturas comerciais, flores, café, chá, etc., como com peixe e carne podem ser preservadas através da secagem (Prasad & Mullick, 1983).

## TIPOS DE SISTEMA DE SECAGEM SOLAR

Os secadores solares são classificados de acordo com o modo de circulação do ar, como secadores passivos ou ativos, ou de acordo com o tipo de secagem, como secador solar direto, indireto e misto (Devan et al., 2020). A Figura 1 mostra a classificação dos secadores solares.

FIGURA 1 - CLASSIFICAÇÃO DOS SECADORES SOLARES

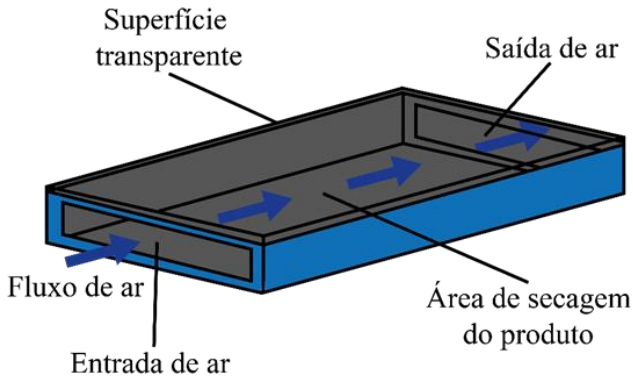


Fonte: Devan et al (2020).

## SECADORES SOLARES PASSIVOS

Em um secador solar passivo o ar circula no seu interior de forma natural devido a diferença de densidade. A Figura 2 mostra a estrutura básica de desse tipo de secador.

FIGURA 2 - SECADOR PASSIVO



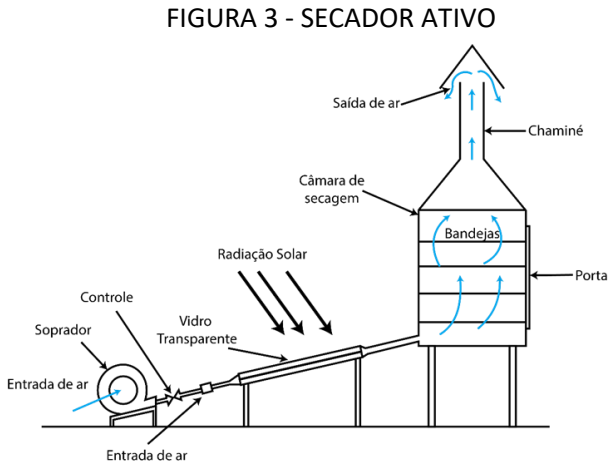
Fonte: Mohsin et al (2011).

Esse tipo de secador consiste em uma câmara com superfície superior transparente e um interior escuro. Uma abertura na parte frontal da câmara permite que o ar ambiente entre, seja aquecido pela radiação solar, e saia por uma abertura traseira da câmara, levando a umidade (Kamarulzaman et al., 2021).

## SECADORES SOLARES ATIVOS

No secador solar ativo, um ventilador é utilizado para facilitar o fluxo de ar dentro do secador e da câmara de secagem, melhorando a transferência de calor para o produto. O ventilador também mantém a taxa de fluxo de ar necessária no secador e, portanto, a evaporação da umidade do produto é mais consistente. Mais de um ventilador pode ser

usado dependendo do tamanho e da necessidade do secador (Kamarul-zaman et al., 2021). Os secadores ativos consistem principalmente em um aquecedor de ar, uma câmara de secagem e um soprador para transferir o ar aquecido para a câmara de secagem (Kouhila et al., 2020). A Figura 3 mostra a estrutura básica de um secador solar ativo.



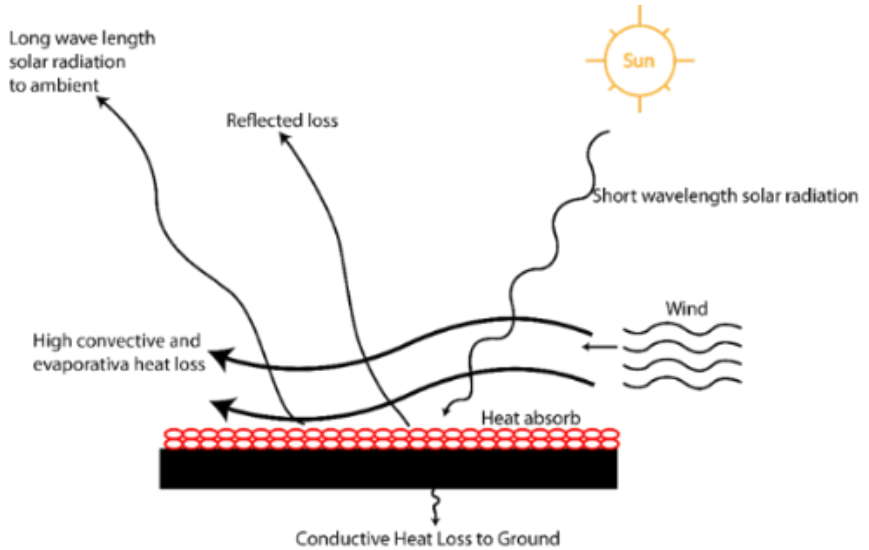
Fonte: Vijayan et al (2020).

## SECAGEM NATURAL

A secagem natural, ou secagem ao céu aberto, é o processo de secagem de matérias que são posicionados em bandejas de camadas finas no solo, pisos de concreto ou esteiras. A vantagem do método de secagem natural é a independência de outras formas de energia além do sol e é o método de secagem mais barato e não é necessária mão de obra qualificada. Por outro lado, existem esse processo tem a desvantagem de: (1) risco de danos ao produto por pássaros, insetos e animais, (2) degradação do produto devido a chuva, umidade do ar e orvalho, (3) A qualidade do produto é degradada por sujeira, poeira e poluição

atmosférica, (4) perda devido ao excesso de secagem, (5) deterioração do produto devido ao crescimento de microrganismos, (6) perdas por não uniformidade ou secagem insuficiente durante o processo de secagem (Lingayat et al., 2020). Esse processo é ilustrado na Figura 4.

FIGURA 4 - PROCESSO DE SECAGEM NATURAL

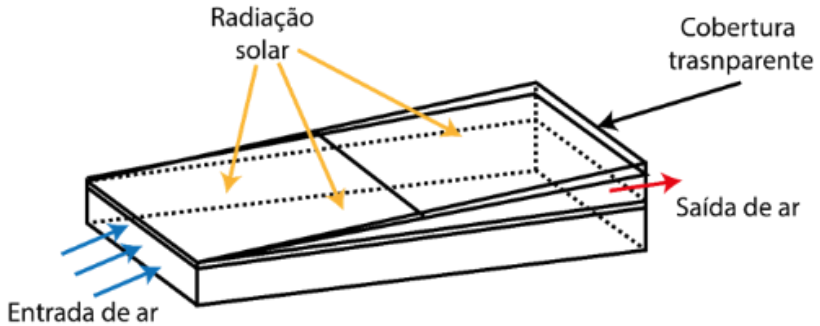


Fonte: Suresh et al (2023).

## SECADORES SOLARES DIRETO

Os secadores solares do tipo direto são constituídos por uma câmara de secagem com cobertura translúcida que se destina a diminuir as perdas de temperatura e proteger os alimentos da chuva e do pó (Suresh et al., 2023), conforme a Figura 5.

FIGURA 5 - SECADOR SOLARES DIRETO



Fonte: Kamarulzaman et al (2021).

Nesse tipo de processo uma parte da radiação solar que atinge a superfície transparente é transmitido para o interior da câmara de secagem, enquanto o restante é refletido. A radiação no interior da câmara aquece o alimento, o que inicia o processo de secagem. Por fim, o ar que flui pelo interior da câmara remove a água no seu interior para o ambiente (Yao et al., 2022).

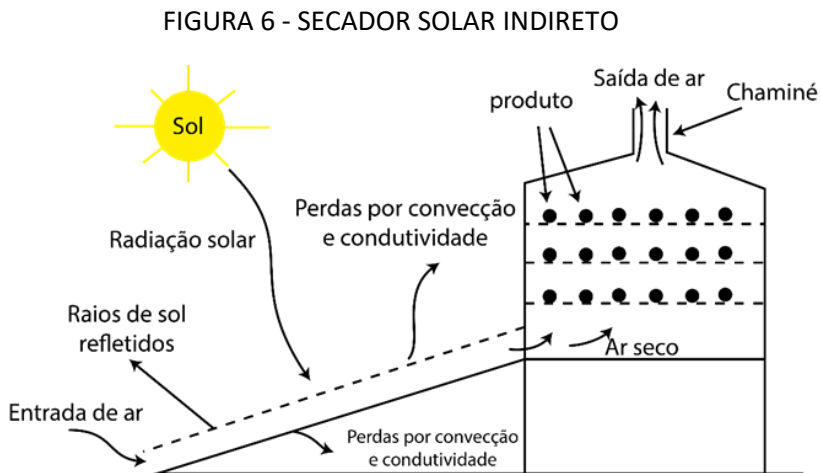
As vantagens nesse tipo de secagem são: (1) baixa contaminação do produto devido ao invólucro proporcionado por tampa transparente, (2) proteção contra chuva, orvalho, etc., (3) melhor qualidade do produto do que na secagem natural, (4) simples e menos dispendioso de fabricar do que o secador indireto para a mesma capacidade. Por outro lado, as desvantagens são: (1) a qualidade e a cor do produto deterioram-se quando o produto é exposto diretamente à luz solar, (2) A remoção inadequada do vapor de água resulta em taxas de secagem mais lentas, (3) capacidade menor, e portanto, útil apenas para aplicações em pequenas escalas, (4) a transmissividade da cobertura de vidro diminui



após algum tempo, pois ocorre condensação de umidade dentro da cobertura de vidro (Lingayat et al., 2020).

## SECADORES SOLARES INDIRETO

Os secadores solares indiretos consistem em dois componentes principais: a câmara de secagem onde os alimentos são colocados em bandejas protegidos da radiação e o coletor solar que recebe a radiação solar. Como indicado na Figura 6.



Fonte: Lingayat et al (2020).

A radiação solar incide sobre a superfície transparente do coletor solar e aquece o ar no seu interior, esse ar aquecido é direcionado para a câmara de secagem onde ocorre o processo de secagem do alimento. Por fim, o ar com o vapor de água sai pela parte de cima da câmara (Kamarulzaman et al., 2021).

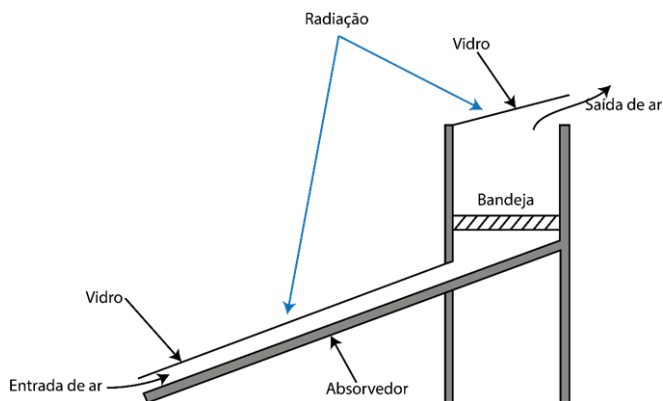
Esses tipos de secadores têm algumas vantagens em relação aos secadores solares diretos: (1) a qualidade e a cor do produto são poucos afetados pelo processo pois o produto fica protegido da radiação solar,

(2) a capacidade pode ser maior do que os secadores solares direto (Suresh et al., 2023).

## SECADORES SOLARES MISTOS

A combinação dos tipos diretos e indireto é viável e é descrita como um secador solar de tipo misto. Nos secadores solares do tipo misto, os produtos são expostos direta e indiretamente à radiação solar. A Figura 7 representa um secador do tipo misto.

FIGURA 7 - SECADOR SOLAR MISTO



Fonte: Simate (2001).

O secador possui um coletor solar e uma câmara de secagem. A radiação solar é recebida tanto pelo coletor quanto pela câmara de secagem através da cobertura transparente na parte superior. O ar que passa pelo coletor solar segue em direção à unidade de secagem antes de escapar pela saída localizada na parte superior da câmara de secagem. O produto recebe calor do ar aquecido proveniente do coletor solar, bem como o calor da radiação solar que incide diretamente sobre o produto (Kamarulzaman et al., 2021). Esse tipo de secador possui a vantagem de ter um tempo de secagem reduzido em relação aos secadores diretos

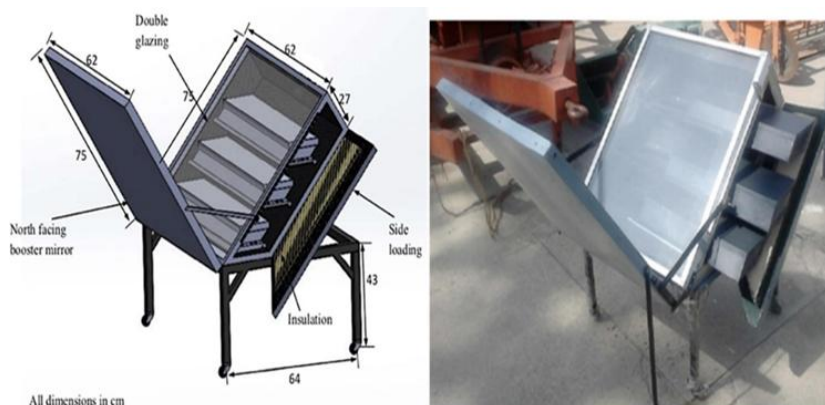
e indiretos, porém (1) o grão seco ao longo de um ano tem uma qualidade pior do que o grão seco usando uma forma indireta de secador, (2) custo de manutenção elevada e (3) custo de capital necessário é maior (Chen et al., 2022).

## CÂMARA DE SECAGEM

A câmara de secagem é onde o alimento é colocado para passar pelo processo de secagem. Sua estrutura pode ser feita de diversos materiais como madeira, compensado, bambu, cimento ou aço, sendo a parte superior da câmara transparente ou não transparente, no caso de ser transparente pode ser feita de polietileno, policarbonato, plástico ou vidro. Em alguns projetos de câmara de secagem incluem isolamento ou absorvedor para evitar que o calor ou o ar quente se dissipem para fora da câmara. A transmissividade da luz solar é reduzida à medida que a umidade da água evapora e se condensa na tampa da câmara de secagem. Vários tipos de designs de câmara de secagem têm sido aplicados em sistemas de secagem solar, como caixa, gabinete chaminé, túnel e estufa (Kamarulzaman et al., 2021).

Um fogão-secador solar inclinado com múltiplas prateleiras foi desenvolvido usando chapa de ferro galvanizado e vidro duplo como tampa transparente em um formato de caixa conforma mostrado na Figura 8 (Singh & Sethi, 2018).

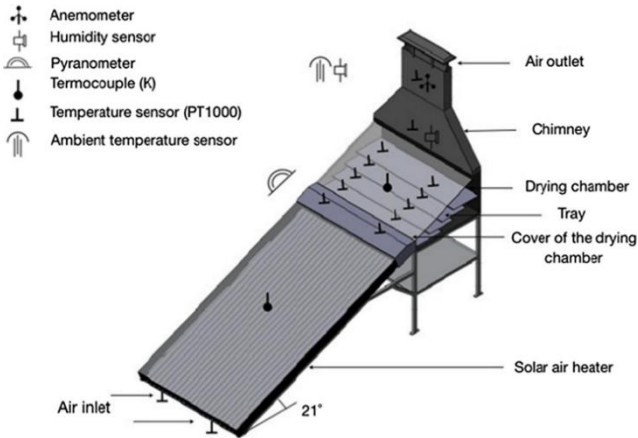
FIGURA 8 - CÂMARA DE SECAGEM EM FORMA DE CAIXA DE FO-  
GÃO-SECADOR SOLAR INCLINADO COM VÁRIAS PRATELEIRAS.



Fonte: Singh & Sethi (2018).

Uma câmara de secagem tipo chaminé possui uma passagem de ar alta conectada a uma saída, por onde o ar úmido é retirado do secador. Isto proporciona uma vantagem significativa, uma vez que tal disposição pode reduzir a humidade no interior da câmara de secagem (Erick César et al., 2020). A estrutura desse tipo de secador pode ser vista na Figura 9.

FIGURA 9 - SECADOR SOLAR DO TIPO MISTO COM CHAMINÉ



Fonte: Erick César et al (2020).

Um secador solar do tipo túnel foi desenvolvido por Mewa (2019) com capacidade para 80kg de pimentas. Com base no experimento constatou-se que as pimentas secas apresentavam melhor cor e consistência picante. Esse tipo de câmara de secagem também é usado para estudar a cinética de secagem de carne bovina. A Figura 10 mostra uma câmara de secagem.

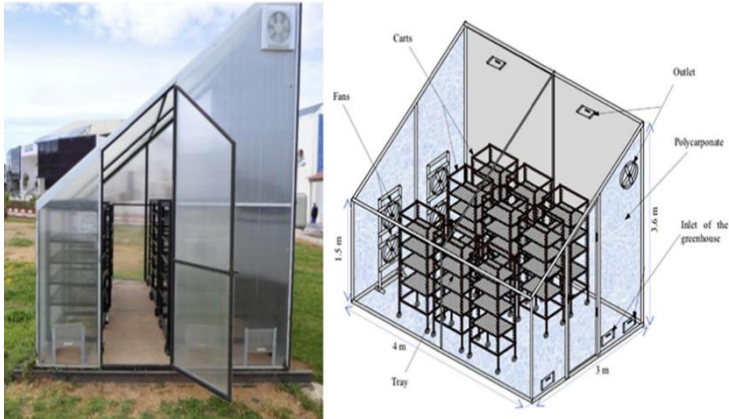
FIGURA 10 - CÂMARA DE SECAGEM DO TIPO TÚNEL



Fonte: Mewa et al (2019).

Um secador solar em estufa foi usado para estudar a secagem de resíduos de bagaço de tomate. A estrutura do secador continha o teto e três lados das paredes da câmara de secagem foram feitos de placas de policarbonato com 70% de transmitância e a parede da parte de trás foi isolada com poliestireno preto (Badaoui et al., 2019).

FIGURA 11 - SECADOR SOLAR EM FORMATO DE ESTUFA



Fonte: Badaoui et al (2019).

## PERFORMANCE TÉRMICA

Para avaliar o desempenho os secadores solares, inúmeros métodos e processos foram desenvolvidos com base em diversos méritos, como eficiência energética ou tempo de secagem. Na secagem solar, o desempenho térmico é um indicador confiável para estudar os méritos do sistema e pode ser quantificado usando a análise de energia. A análise de energia dos componentes do secador solar é comumente feita pela aplicação de transferência de calor e balanço de energia com base no princípio da conservação de energia da Primeira Lei da Termodinâmica. A determinação do desempenho térmico dos secadores solares é

importante para obter a máxima remoção de umidade usando uma quantidade mínima de energia (Dheyab et al., 2022;Fudholi et al., 2016).

A Primeira Lei da Termodinâmica descreve que a energia de um sistema é conservada ao longo do tempo. A energia não pode ser criada nem destruída, mas só pode ser convertida de um tipo para outro ou transferida de um lugar para outro. O balanço geral de energia para um sistema em estado estacionário pode ser expresso como (Kamarulzaman et al., 2021):

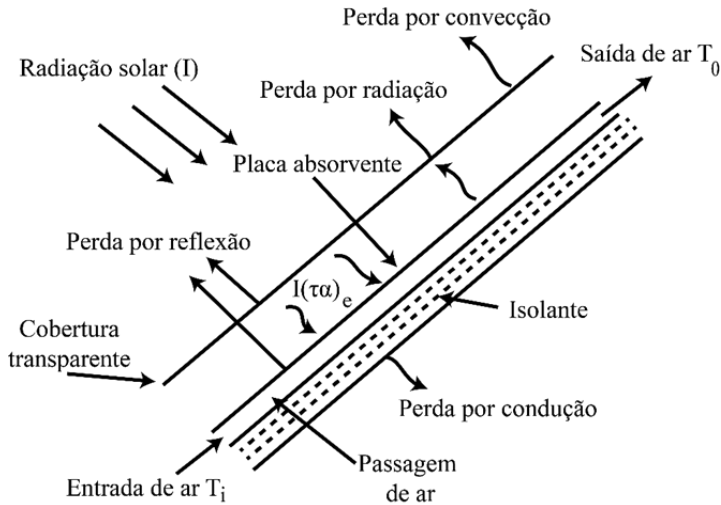
Acumulação de energia no sistema = Entrada de energia no sistema - Saída de energia do sistema

Quando a radiação solar com intensidade, em  $W/m^2$ , atinge a área superficial de um coletor solar,  $A_c$ , em  $m^2$ , o calor total ganho pelo coletor solar é

$$Q_i = I \times A_c \quad (1)$$

A radiação solar se espalha pelo coletor solar, entra pela tampa transparente e é absorvida pela placa absorvedora. Uma parte da radiação é refletida de volta ou perdida para o ambiente circundante (Tyagi et al., 2012). O fator de conversão indica a porcentagem da radiação solar transmitida através da cobertura transparente e a taxa de absorção do absorvedor.

FIGURA 12 - DISTRIBUIÇÃO DA ENERGIA SOLAR INCIDENTE EM GANHO DE ENERGIA ÚTIL, PERDAS TÉRMICAS E PERDAS ÓPTICAS.



Fonte: Tyagi et al (2012).

Portanto, a Equação (1) pode ser reescrita como:

$$Q_i = I(\tau\alpha) \times A_c \quad (2)$$

Quanto mais radiação incidir sobre o coletor solar maior será a sua temperatura,  $T_c$ , e sua temperatura será maior que a temperatura ambiente  $T_a$ . O calor se dissipa para o ambiente por condução, convecção e radiação. A taxa de perda de calor,  $Q_0$ , varia de acordo com o coeficiente geral de transferência de calor do coletor,  $U_L$ , e a temperatura do coletor. Por isso,

$$Q_0 = U_L A_c (T_c - T_a) \quad (3)$$



Para um determinado coletor solar, a taxa de energia útil adquirida pelo coletor é a diferença entre a radiação solar absorvida e a perda térmica

$$Q_u = Q_i - Q_o = I(\tau\alpha) \times A_c - U_L A_c (T_c - T_a) \quad (4)$$

A taxa de energia útil obtida pelo coletor também é equivalente à soma do calor transferido para o fluido de trabalho que passa. Assim

$$Q_u = mc_p(T_o - T_i) \quad (5)$$

As equações **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, REF\_Ref176176220 \h **Erro! Fonte de referência não encontrada.** e (3) podem ser reformuladas usando a temperatura de entrada do fluido e um parâmetro conhecido como fator de remoção de calor do coletor,  $F_R$ . Este parâmetro pode ser obtido analiticamente ou medido através de experimento (Duffie & Beckman, 2013)

$$F_R = \frac{mc_p(T_o - T_i)}{A_c [I(\tau\alpha) - U_L(T_i - T_a)]} \quad (6)$$

Usando as equações (3) e (4) obtemos

$$Q_u = F_R A_c [I(\tau\alpha) - U_L(T_i - T_a)] \quad (7)$$

A Equação (5) é conhecida como equação Hottel-Whillier-Bliss e tem sido amplamente utilizada por muitos pesquisadores na análise térmica do coletor solar.

A eficiência do coletor solar,  $\eta$ , é o parâmetro normalmente calculado ao avaliar o desempenho de qualquer sistema de secagem solar (Augustus Leon et al., 2002; Kumar et al., 2019). A eficiência do coletor solar é equivalente à razão entre o ganho de energia útil e a energia solar incidente durante um determinado período de tempo. Assim a eficiência do coletor solar é expressa como:

$$\eta = \frac{\int Q_u dt}{A_c \int I dt} \quad (8)$$

A eficiência térmica instantânea do coletor é (Kamarulzaman et al., 2021):

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{Q_u}{A_c I} \\ \eta &= \frac{F_R A_c [I(\tau\alpha) - U_L(T_i - T_a)]}{A_c I} \\ \eta &= F_R \left[ \tau\alpha - U_L \left( \frac{T_i - T_a}{I} \right) \right] \end{aligned} \quad (7)$$

## SECAGEM E PSICROMETRIA

O processo de secagem de alimentos envolve a redução da umidade até limites aceitáveis. O teor de umidade deve ser reduzido a um certo nível para preservação a longo prazo, que pode variar de acordo com as diferentes frutas e vegetais. A energia necessária para a secagem,  $Q_d$ , é estimada por

$$Q_d = m c_p (T_0 - T_f) = m_w L_w \quad (8)$$

onde  $m_w$  é a massa de água removida em kg,  $L_w$  é o calor latente a uma temperatura média  $(T_0 + T_f)/2$  em  $J/kg$ , e  $T_f$  é a temperatura na saída da câmara em  $^{\circ}C$ .

A quantidade de água removida ( $m_w$ ) ao longo da secagem é,

$$m_w = m_i \frac{MC_i - MC_f}{100 - MC_f}$$

Onde  $m_i$  é a massa inicial do produto (carga de secagem) em kg,  $MC_i$  e  $MC_f$  são a umidade inicial e final do produto. O teor de umidade no produto pode ser estimado usando

(9)

$$\text{Base úmida: } MC_i = \frac{m_i - m_d}{m_i}$$

$$\text{Base seca: } MC_i = \frac{m_i - m_d}{m_d} \quad (10)$$

onde  $m_i$  é a massa inicial do produto antes da secagem,  $m_d$  é a massa do produto seco.

A teor de água inicial do produto alimentício é geralmente estimado usando o método do forno de ar quente, onde o produto úmido a ser seco é mantido a 105°C por 24 horas para obter o produto completamente seco.

Se  $m_w$  é a quantidade de água que evapora no tempo ( $t$ ), a potência absorvida pelo produto ( $q$ ) é dada por:

$$q = m_a C_p \frac{(T_0 - T_f)}{t} \quad (11)$$

Durante o aquecimento do ar no coletor, a entalpia específica do ar aumenta de  $h_i$  para  $h_\infty$  e a razão de umidade  $\phi_C$  permanece

constante. Na câmara de secagem, o ar de secagem absorve a umidade do produto e a taxa de umidade muda de  $\phi_C$  para  $\phi_f$ .

A massa de ar necessária para o processo de remoção de umidade pode ser calculada usando

$$m = \frac{m_w}{(\phi_f - \phi_\infty)} \quad (12)$$

A potência térmica necessária para aquecer o ar da placa absorvedora ( $q'$ ) é dada por,

$$q' = m(h_C - h_i) = \eta A_c I \quad (15)$$

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A secagem solar de alimentos, especialmente de frutas, apresenta-se como uma solução eficiente e sustentável para enfrentar os desafios de desperdício na fruticultura. Com a crescente demanda por métodos de preservação de alimentos que sejam ao mesmo tempo economicamente viáveis e ecologicamente corretos, os secadores solares destacam-se por sua simplicidade de operação, baixo custo de manutenção e longa durabilidade. Embora ainda enfrentem barreiras como o custo inicial elevado e a falta de mão de obra qualificada, as pesquisas e inovações tecnológicas na área apontam para um potencial crescente de utilização em larga escala. Ao ampliar a vida útil dos produtos, facilitar o transporte e minimizar as perdas pós-colheita, a desidratação solar contribui de forma significativa para a sustentabilidade do setor agrícola e alimentício. O desenvolvimento de secadores mais eficientes e acessíveis pode representar um importante avanço na luta contra o desperdício de alimentos, ao mesmo tempo em que gera novas oportunidades de

renda para os agricultores, especialmente em países com alto índice de perdas alimentares como o Brasil.

## REFERÊNCIAS

ANDERSON, J.-O.; WESTERLUND, L. **Improved energy efficiency in sawmill drying system**. Applied Energy, v. 113, p. 891–901, jan. 2014.

AUGUSTUS LEON, M.; KUMAR, S.; BHATTACHARYA, S. C. **A comprehensive procedure for performance evaluation of solar food dryers**. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 6, n. 4, p. 367–393, ago. 2002.

BADAOU, O. et al. **Experimental and modelling study of tomato pomace waste drying in a new solar greenhouse: Evaluation of new drying models**. Renewable Energy, v. 133, p. 144–155, abr. 2019.

CELESTINO, S. M. C. **Princípios de secagem de alimentos**. jan. 2010.

CHANDRA MOHAN, V. P.; TALUKDAR, P. **Three dimensional numerical modeling of simultaneous heat and moisture transfer in a moist object subjected to convective drying**. International Journal of Heat and Mass Transfer, v. 53, n. 21–22, p. 4638–4650, out. 2010.

CHEN, H.; QI, S.; TAN, X. **The improvement pathway for industrial energy efficiency under sustainability perspective**. Sustainable Energy Technologies and Assessments, v. 51, p. 101949, jun. 2022.

DEVAN, P. K. et al. **Solar drying of fruits - A comprehensive review.** Materials Today: Proceedings. Anais...Elsevier Ltd, 2020.

DHEYAB, H. S.; AL-JETHELAH, M. S. M.; BACCAR, M. **Closed collector –storage solar air heating system thermal performance: an experimental study.** Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects, v. 44, n. 4, p. 10006–10023, 21 dez. 2022.

DUFFIE, J. A.; BECKMAN, W. A. **Solar Engineering of Thermal Process.** 4. ed. [s.l.: s.n.].

ERICK CÉSAR, L.-V. et al. **Thermal performance of a passive, mixed-type solar dryer for tomato slices (Solanum lycopersicum).** Renewable Energy, v. 147, p. 845–855, mar. 2020.

FAO. **Food and Agriculture Organization of the United Nations.**

FORBES, H. et al. **Think Eat Save: Tracking Progress to Halve Global Food Waste.** [s.l.] United Nations Environment Programme, 2024.

FUDHOLI, A. et al. **Energy and exergy analysis of hybrid solar drying system.** Contemporary Engineering Sciences, v. 9, p. 215–223, 2016.

KAMARULZAMAN, A.; HASANUZZAMAN, M.; RAHIM, N. A. **Global advancement of solar drying technologies and its future prospects: A review.** Solar EnergyElsevier Ltd, , 1 jun. 2021.

KOUHILA, M. et al. **Drying characteristics and kinetics solar drying of Mediterranean mussel (*mytilus galloprovincilis*) type under forced convection.** Renewable Energy, v. 147, p. 833–844, mar. 2020.

KUMAR, L.; HASANUZZAMAN, M.; RAHIM, N. A. **Global advancement of solar thermal energy technologies for industrial process heat and its future prospects: A review.** Energy Conversion and Management, v. 195, p. 885–908, set. 2019.

KUSHWAH, A.; KUMAR, A.; GAUR, M. K. **Optimization of drying parameters for hybrid indirect solar dryer for banana slices using response surface methodology.** Process Safety and Environmental Protection, v. 170, p. 176–187, fev. 2023.

LINGAYAT, A. B. et al. **A review on indirect type solar dryers for agricultural crops – Dryer setup, its performance, energy storage and important highlights.** Applied EnergyElsevier Ltd, , 15 jan. 2020.

MEWA, E. A. et al. **Experimental evaluation of beef drying kinetics in a solar tunnel dryer.** Renewable Energy, v. 139, p. 235–241, ago. 2019.

MOHSIN, A. S. M. et al. **Prospect & Future of Solar Dryer: Perspective Bangladesh.** International Journal of Engineering and Technology, v. 3, n. 2, p. 165–170, 2011.

NUKULWAR, M. R.; TUNGIKAR, V. B. **Recent development of the solar dryer integrated with thermal energy storage and auxiliary units.** Thermal Science and Engineering ProgressElsevier Ltd, , 1 mar. 2022.

PRASAD, K.; MULLICK, S. C. **Heat transfer characteristics of a solar air heater used for drying purposes.** Applied Energy, v. 13, n. 2, p. 83–93, fev. 1983.

SIMATE, I. N. **Simulation of the mixed-mode natural-convection solar drying of maize.** Drying Technology, v. 19, n. 6, p. 1137–1155, jun. 2001.

SINGH, M.; SETHI, V. P. **On the design, modelling and analysis of multi-shelf inclined solar cooker-cum-dryer.** Solar Energy, v. 162, p. 620–636, mar. 2018.

SURESH, B. V. et al. **Natural energy materials and storage systems for solar dryers: State of the art.** Solar Energy Materials and Solar CellsElsevier B.V., 15 jun. 2023.

TYAGI, V. V. et al. **Review on solar air heating system with and without thermal energy storage system.** Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 16, n. 4, p. 2289–2303, maio 2012.

VIJAYAN, S.; ARJUNAN, T. V.; KUMAR, A. **Exergo-environmental analysis of an indirect forced convection solar dryer for drying bitter gourd slices.** Renewable Energy, v. 146, p. 2210–2223, fev. 2020.

YAO, Y. et al. **A review study on recent advances in solar drying: Mechanisms, challenges and perspectives.** Solar Energy Materials and Solar Cells, v. 248, dez. 2022.





