

Gestão de Recursos Hídricos e Sustentabilidade 2

Luis Miguel Schiebelbein
(Organizador)



Atena
Editora

Ano 2018

Luis Miguel Schiebelbein
(Organizador)

Gestão de Recursos Hídricos e Sustentabilidade 2

Atena Editora
2018

2018 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Geraldo Alves e Natália Sandrini

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

G393 Gestão de recursos hídricos e sustentabilidade 2 / Organizador Luis Miguel Schiebelbein. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2018.
– (Gestão de Recursos Hídricos e Sustentabilidade; v.2)

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-85-7247-025-4
DOI 10.22533/at.ed.254190901

1. Desenvolvimento de recursos hídricos. 2. Política ambiental – Brasil. 3. Sustentabilidade. I. Schiebelbein, Luis Miguel. II. Título. III. Série.

CDD 343.81

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2018

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

Na continuidade do Volume I, a obra “Gestão de Recursos Hídricos e Sustentabilidade” aborda uma série de artigos e resultados de pesquisa, em seu Volume II, contemplando em seus 21 capítulos, os novos conhecimentos científicos e tecnológicos para as áreas em questão.

Estrategicamente agrupados nas grandes áreas temáticas de Qualidade da Água, Recursos Hídricos no Abastecimento, Utilização Agrícola dos Recursos Hídricos & Sustentabilidade, traz à tona informações de extrema relevância para a área dos Recursos Hídricos, assim como da Sustentabilidade.

Os capítulos buscam de maneira complementar, abordar as diferentes áreas além de concentrar informações envolvendo não só os resultados aplicados, mas também as metodologias propostas para cada tipo de estudo realizado.

Pela grande diversidade de locais e instituições envolvidas, na realização das pesquisas ora publicadas, apresenta uma grande abrangência de condições e permite, dessa forma, que se conheça um pouco mais do que se tem de mais recente nas diferentes áreas de abordagem.

A todos os pesquisadores envolvidos, autores dos capítulos inclusos neste Volume II, e, pela qualidade e relevância de suas pesquisas e de seus resultados, os agradecimentos do Organizador e da Atena Editora.

Complementarmente, espera-se que esta obra possa ser de grande valia para aqueles que buscam ampliar seus conhecimentos nessa magnífica área da Gestão de Recursos Hídricos, associada à Sustentabilidade. Que este seja não só um material de apoio, mas um material base para o estímulo a novas pesquisas e a conquista de resultados inovadores.

Luis Miguel Schiebelbein

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
ANÁLISE DA POLÍTICA DE DISPOSIÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO MUNICÍPIO DE CANÁPOLIS-MG	
<i>Roberta Christina Amancio</i>	
<i>Hérica Leonel de Paula Ramos Oliveira</i>	
DOI 10.22533/at.ed.2541909011	
CAPÍTULO 2	12
AVALIAÇÃO DA EUTROFIZAÇÃO DOS RESERVATÓRIOS AÇUDE DA MACELA E JACARECICA ITABAIANA-SE DO ATRAVÉS DO ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA DE RESERVATÓRIOS-IQAR	
<i>Maria Caroline Silva Mendonça</i>	
<i>Helenice Leite Garcia</i>	
<i>Valdelice Leite Barreto</i>	
<i>Carlos Alexandre Borges Garcia</i>	
DOI 10.22533/at.ed.2541909012	
CAPÍTULO 3	22
AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RESERVATÓRIO POÇÃO DA RIBEIRA USANDO ESTATÍSTICA MULTIVARIADA	
<i>Carlos Eduardo Oliveira Santos</i>	
<i>Lucas Cruz Fonseca</i>	
<i>José do Patrocinio Hora Alves</i>	
DOI 10.22533/at.ed.2541909013	
CAPÍTULO 4	31
AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE ÁGUAS PLUVIAIS LANÇADAS POR BACIAS DE DETENÇÃO EM CORPOS HÍDRICOS NO DISTRITO FEDERAL, DF – BRASIL.	
<i>Carolinne Isabella Dias Gomes</i>	
DOI 10.22533/at.ed.2541909014	
CAPÍTULO 5	40
AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE EFLUENTES DE AGROINDÚSTRIAS DA REGIÃO CELEIRO DO RS	
<i>Marieli da Silva Marques</i>	
DOI 10.22533/at.ed.2541909015	
CAPÍTULO 6	47
COMPARAÇÃO DE ÍNDICES DE AVALIAÇÃO DE ESTADO TRÓFICO EM RESERVATÓRIO UTILIZADO PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO DURANTE PERÍODO DE SECA, SEMIÁRIDO BRASILEIRO	
<i>Leandro Gomes Viana</i>	
<i>Patrícia Silva Cruz</i>	
<i>Dayany Aguiar Oliveira</i>	
<i>Ranielle Daiana dos Santos Silva</i>	
<i>José Etham de Lucena Barbosa</i>	
DOI 10.22533/at.ed.2541909016	

CAPÍTULO 7 55

UTILIZAÇÃO DA CAFEÍNA COMO INDICADOR DE CONTAMINAÇÃO POR ESGOTO DOMESTICO NO AÇUDE BODOCONGÓ EM CAMPINA GRANDE, PB

Alvânia Barros De Queiróz
Neyliane Costa De Souza
Márcia Ramos Luiz
Geralda Gilvania Cavalcante
Lígia Maria Ribeiro Lima

DOI 10.22533/at.ed.2541909017

CAPÍTULO 8 66

UTILIZAÇÃO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA DE RESERVATÓRIO – IQAR PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DOS RESERVATÓRIOS ALGODOEIRO E GLÓRIA

Anairam Piedade de Souza Melo
Helenice Leite Garcia
Maria Caroline Silva Mendonça
Valdelice Leite Barreto
Carlos Alexandre Borges Garcia

DOI 10.22533/at.ed.2541909018

CAPÍTULO 9 77

ANÁLISE DA ESCASSEZ HÍDRICA NO PAÍS NO PERÍODO 2012-2016 E DAS AÇÕES DE GESTÃO EM ÁREAS CRÍTICAS

Sérgio Rodrigues Ayrimoraes Soares
Alexandre Lima de Figueiredo Teixeira
Teresa Luísa Lima de Carvalho
Laura Tillmann Viana

DOI 10.22533/at.ed.2541909019 .

CAPÍTULO 10 92

DIMENSIONAMENTO ECONÔMICO DE REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA: OTIMIZAÇÃO EVOLUTIVA CONSIDERANDO CUSTOS DE MANUTENÇÃO

Marcos Rodrigues Pinnto
Marco Aurélio Holanda de Castro
João Marcelo Costa Barbosa
Josér Valmir Farias Maia Junior

DOI 10.22533/at.ed.25419090110

CAPÍTULO 11 100

CONSIDERAÇÕES E REFLEXÕES SOBRE O QUADRO DE CRISE NO ABASTECIMENTO PÚBLICO DE ÁGUA DA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE – MG: O CASO DA BACIA DO ALTO RIO DAS VELHAS

Bernardo Ribeiro Filizzola
Cristiano Pena Magalhães Marques
Rodrigo Silva Lemos
Antônio Pereira Magalhães Junior Guilherme Eduardo Macedo Cota

DOI 10.22533/at.ed.25419090111

CAPÍTULO 12 111

SÍNTESE DE SISTEMAS DE TRATAMENTO FINAL DE EFLUENTES INDUSTRIAIS NA SELEÇÃO DE CENÁRIOS DE REÚSO DE ÁGUA

Reinaldo Coelho Mirre
Mariana de Souza dos Santos
Dalal Jaber Suliman Abdullah Audeh

André Luiz Hemerly Costa Fernando Luiz

Pellegrini Pessoa

DOI 10.22533/at.ed.25419090112

CAPÍTULO 13..... 120

FLORAÇÕES DE CIANOBACTÉRIAS EM MANANCIAS DE ABASTECIMENTO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Patrícia Silva Cruz

Leandro Gomes Viana

Dayany Aguiar Oliveira

Ranielle Daiana dos Santos Silva

José Etham de Lucena Barbosa

DOI 10.22533/at.ed.25419090113

CAPÍTULO 14..... 128

DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA

Gilson Bárbara

Marcelo José Romagnoli

Dagmar Aparecida de Marco Ferro

DOI 10.22533/at.ed.25419090114

CAPÍTULO 15..... 131

DIAGNÓSTICO DAS COMUNIDADES RURAIS DIFUSAS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DO CANAL DO SERTÃO ALAGOANO

Eduardo Jorge de Oliveira Motta

DOI 10.22533/at.ed.25419090115

CAPÍTULO 16..... 141

DIAGNÓSTICO SOCIOECONÔMICO E FORMULAÇÃO DE PROJETOS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA PARA A REGIÃO RURAL DA CIDADE DE BELÉM – PA

Roberta Andrade Ribeiro

Ana Carla Bezerra Santos

Ronaldo Lopes Rodrigues Mendes

Maria Ludetana Araújo

Antônio de Noronha Tavares

Rubens Takeji Aoki Araujo Martins

Gustavo Neves Silva

DOI 10.22533/at.ed.25419090116

CAPÍTULO 17 150

ANÁLISE DE CENÁRIOS COM REDUÇÃO DA DEMANDA DA ORIZICULTURA NA BACIA DO RIO SANTA MARIA COM APLICAÇÃO DO MODELO CRUZ

Christhian Santana Cunha

Rafael Cabral Cruz

Tatiani Coletto

Vinicius Ferreira Dulac

DOI 10.22533/at.ed.25419090117

CAPÍTULO 18..... 161

IDENTIFICAÇÃO DOS ARRANJOS PRODUTIVOS LOCAIS NA PESCA E AQUICULTURA NO PARÁ APLICANDO O ÍNDICE DE CONCENTRAÇÃO NORMALIZADO

Elias Fernandes de Medeiros Junior

DOI 10.22533/at.ed.25419090118

CAPÍTULO 19	167
ÍNDICE RELATIVO DE CLOROFILA DO MILHETO IRRIGADO COM ÁGUA CINZA TRATADA	
<i>Mychelle Karla Teixeira de Oliveira</i>	
<i>Rafael Oliveira Batista</i>	
<i>Francisco de Assis de Oliveira</i>	
<i>Allana Rayra Holanda Sotero</i>	
<i>Wellyda Keorle Barros de Lavôr</i>	
<i>Ricardo André Rodrigues Filho</i>	
DOI 10.22533/at.ed.25419090119	
CAPÍTULO 20	174
DESENVOLVIMENTO DO MILHETO CV. CEARÁ IRRIGADO COM ÁGUA CINZA TRATADA	
<i>Ricardo André Rodrigues Filho</i>	
<i>Mychelle Karla Teixeira de Oliveira</i>	
<i>Rafael Oliveira Batista</i>	
<i>Francisco de Assis de Oliveira</i>	
<i>Allana Rayra Holanda Sotero</i>	
<i>Wellyda Keorle Barros de Lavôr</i>	
DOI 10.22533/at.ed.25419090120	
CAPÍTULO 21	181
AVALIAÇÃO DA TAXA DE DECRÉSCIMO DE UMIDADE PARA DIFERENTES AMOSTRAS DE ÁGUA, AREIA E CAVACO DE MADEIRA	
<i>Adelino Carlos Maccarini</i>	
<i>Marcelo Risso Errera</i>	
<i>Marcelo Rodrigues Bessa</i>	
DOI 10.22533/at.ed.25419090121	
SOBRE O ORGANIZADOR	187

ANÁLISE DA POLÍTICA DE DISPOSIÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO MUNICÍPIO DE CANÁPOLIS-MG

Roberta Christina Amancio

Universidade Federal de Uberlândia - UFU
(robertacamancio@gmail.com),

Hérica Leonel de Paula Ramos Oliveira

Universidade Federal de Uberlândia - UFU
(hericadepaula@yahoo.com.br)

RESUMO: Grande importância deve ser direcionada quando o assunto se refere a um tema tão discutido e relevante quando se trata da questão dos resíduos sólidos, pois grandes são as consequências causadas em função dos impactos ambientais. O município de Canápolis-MG, que juntamente com mais sete municípios (Monte Alegre de Minas, Prata, Centralina, Araporã, Ituiutaba, Gurinhatã e Santa Vitória) compõem o CIDES – Consórcio Público Intermunicipal de Desenvolvimento Sustentável do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba que possui o Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos – PGIRS, com propostas de diretrizes, ações e metas para a gestão adequada dos resíduos sólidos. Esse artigo visa a análise da situação atual da gestão dos resíduos sólidos municipais, de acordo com as necessidades para a recuperação da área do aterro sanitário, da integração da educação ambiental e dos impactos ambientais causados no município de acordo com os levantamentos,

pesquisas e trabalhos de campo para verificar o cenário atual em relação aos resíduos sólidos municipais. Constatou-se que no município não houve avanços no sentido de implantar as propostas do PGIRS e que a área de descarte dos resíduos sólidos se caracteriza como lixo a céu aberto, sem nenhum controle ambiental. As ações de educação ambiental para a coleta seletiva e a organização dos catadores são incipientes assim como não se efetivou esforços dos gestores públicos para a implantação do Plano de Recuperação de Áreas Degradadas-PRAD e do Projeto do novo Parque Sanitário Municipal.

PALAVRAS-CHAVE: Propostas, recuperação, resíduos.

ABSTRACT: Great importance should be directed when the subject refers to a topic so discussed and relevant when it comes to the issue of solid waste, because great are the consequences caused by the environmental impacts. The municipality of Canápolis-MG, which together with seven other municipalities (Monte Alegre de Minas, Prata, Centralina, Araporã, Ituiutaba, Gurinhatã and Santa Vitória) make up CIDES - Intermunicipal Public Consortium for Sustainable Development of the Triângulo Mineiro and Alto Paranaíba, which has the Integrated Solid Waste Management Plan - PGIRS, with proposals for guidelines, actions

and targets for the adequate management of solid waste. This article aims to analyze the current situation of municipal solid waste management, according to the needs for the recovery of the landfill area, the integration of environmental education and the environmental impacts caused in the municipality according to surveys, research and work field to verify the current scenario in relation to municipal solid waste. It was verified that in the municipality there were no advances in the sense of implanting the proposals of the PGIRS and that the area of solid waste disposal is characterized as open pit, without any environmental control. The actions of environmental education for the selective collection and the organization of the collectors are incipient as well as the efforts of the public managers for the implementation of the Plan of Recovery of Degraded Areas - PRAD and of the Project of the new Municipal Sanitary Park.

KEYWORDS: Proposals, recovery, waste.

1 | INTRODUÇÃO

A política de Resíduos Sólidos Urbanos de Canápolis, como na maioria dos municípios de pequeno porte de Minas Gerais e do Brasil, é marcada pela ausência de planejamento adequado da gestão e gerenciamento do RSU, bem como pela baixa capacidade técnica.

Canápolis é um dos municípios em Minas Gerais que conta com uma usina de triagem e compostagem (UTC) desativada, inserida na bacia hidrográfica do córrego do Cerrado ou Condungo. A UTC está licenciada pelo COPAM (Conselho Estadual de Política Ambiental) e a FEAM (Fundação Estadual de Meio Ambiente).

Historicamente havia um descaso com o tratamento dos resíduos sólidos urbanos, desde a coleta até a deposição, no Brasil. É interpretado como “fatalidade” ou “tragédia” algumas das consequências desse descaso: alagamentos, inundações, condições desumanas de sobrevivência dos catadores. Os efeitos indiretos também parecem ser ignorados, apesar de significativos: vetores de doenças, doenças decorrentes de alimentação e contato dos catadores com os resíduos, entre outros (NOGUEIRA E SETTE, 2010)

Constatou-se em visitas a campo que a usina continua desativada e os resíduos sólidos são aterrados em valas sem manta de proteção, oferecendo riscos à saúde e ao meio ambiente. A UTC está desativada, é utilizada para depósito de resíduos urbanos, transformando-se em um “lixão”.

Canápolis integra o CIDES - Consórcio Público Intermunicipal de Desenvolvimento Sustentável do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba CIDES, que possibilitou a elaboração do Plano Municipal de Saneamento Básico e o Plano Gestão Integrada de Resíduos Sólidos Intermunicipal.

A limpeza urbana do município de Canápolis não é regulamentada por legislação própria e a Política Municipal de Resíduos Sólidos encontra-se em fase de elaboração.

O município não foi alvo de sanções por parte do Ministério Público Estadual devido à disposição de resíduos sólidos. A Secretária de Obras e Serviço Público é o órgão responsável pela administração e execução da coleta de Resíduo Sólido Urbano (RSU), assim como pela limpeza das vias, praças e espaços públicos. A limpeza urbana do município de Canápolis não é regulamentada por legislação própria.

Os resíduos sólidos gerados são de origem domiciliares, comerciais, da construção civil, da saúde, capina, poda e varrição. Considerando a produção de resíduos sólidos em área urbana, destaca-se a característica de resíduo domiciliar. Muitos estabelecimentos comerciais da cidade se caracterizam como geradores de resíduos do tipo doméstico, portanto, podem ser caracterizados como pequenos geradores.

A disposição inadequada do RSU pode resultar em sérios danos à sociedade e principalmente ao meio ambiente, tais como, a proliferação de vetores de doenças, geração de maus odores, contaminação do solo e das águas superficiais e subterrâneas.

A partir da sanção da Lei 12.305 em 2010, também conhecida como Política Nacional de Resíduos Sólidos, todos os Municípios brasileiros são obrigados a apresentar um Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos – PGIRS no qual demonstram sua capacidade de gestão dos resíduos. De acordo com esta Lei, estes planos precisam ter um conteúdo mínimo apontando para soluções técnicas que estejam respaldadas no diagnóstico de cada município e suas particularidades. Apesar de não ter responsabilidade sobre os resíduos do setor privado, o poder público deve estabelecer a regulamentação baseado nos princípios da Política Federal.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS, instituída no país através da Lei Federal n.12.305/2010, está em vigor há sete anos mas ainda carece de aplicação prática em vários pontos, conforme se depreende da leitura desta edição do Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil: a geração de resíduos se mantém em patamares elevados, a reciclagem ainda patina, a logística reversa não mostrou a que veio e o país tem mais de três mil municípios com destinação inadequada, apesar da proibição existente desde 1981 e do prazo estabelecido pela PNRS ter-se encerrado em 2014, sem ter havido prorrogação, como alguns têm se manifestado. (ABRELF, 2016)

De acordo com a Lei 12.305/2010, em seu artigo 54, a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, deverá ser implantada em até 4 (quatro) anos após a data de publicação desta Lei. Os lixões deveriam ter sido exterminados no ano de 2014. Contudo, até o fim do prazo, aproximadamente 60% dos municípios ainda dispunham seus resíduos em lixões e aterros controlados.

O objetivo principal deste trabalho é compreender as questões relativas aos resíduos sólidos urbanos (RSU) desde a sua geração, impulsionada pela produção desenfreada e o consumo, até a sua destinação final no município de Canápolis e com os objetivos específicos na avaliação a política municipal de gestão de resíduos sólidos urbanos no município identificando os impactos ambientais e sociais da disposição final dos Resíduos Sólidos Urbanos. Identificar o cenário atual com relação a gestão

dos resíduos sólidos e a situação da área onde é feita a disposição final dos resíduos sólidos urbanos propondo os ajustes necessários no sistema de gerenciamento.

2 | METODOLOGIA

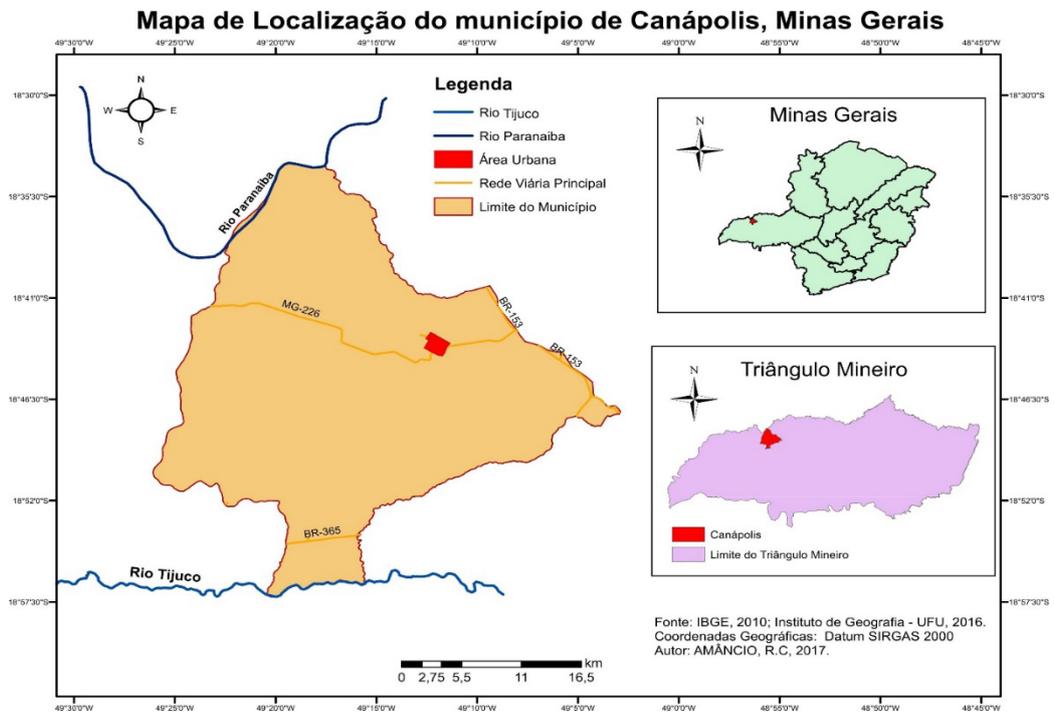
A metodologia para a elaboração foi a seguinte: 1) Hierarquização das informações necessárias para pesquisar, de acordo com os objetivos e as fases do processo de gerenciamento de resíduos; 2) Pesquisa de informações bibliográficas relacionadas ao tema de caracterização de resíduos, gestão ambiental e proteção de recursos naturais, em textos publicados em nível nacional e internacional; 3) Pesquisa por textos legislativos e regulamentos relativos à gestão de resíduos sólidos a nível nacional e estadual; 4) Planejamento de visitas de campo no município e nos locais onde é realizada a disposição final de resíduos sólidos.

3 | IDENTIFICAÇÃO

3.1. Caracterização e localização do município

O município de Canápolis possui uma área territorial de 839,737 km², uma população estimada para 2015, segundo o IBGE, de 12.005 habitantes. A densidade demográfica é de 13,53 hab/km². O município faz suas fronteiras com Monte Alegre de Minas a sudeste, Centralina a nordeste, Capinópolis a noroeste e Ituiutaba a sudoeste.

Em 14 de julho de 1934, José de Paula Gouveia, proprietário da fazenda Córrego do Cerrado, localizada no Município de Monte Alegre de Minas, doou à Prefeitura local cinco hectares para que neles fosse fundado um novo povoado. Seus primeiros habitantes foram moradores da própria fazenda. Outro fator que caracterizou a ocupação do território foi o loteamento e venda de áreas localizadas ao redor do novo povoado, promovido pelo próprio Sr. José de Paula Gouveia e atraindo, desta feita, inúmeros forasteiros que ali se instalaram e deram curso a várias atividades econômicas. Recebeu o nome de Canápolis que quer dizer: Cidade da cana, devido às inúmeras plantações de cana-de-açúcar existentes no entorno do município. Pelo Decreto Estadual nº 148, de 17 de dezembro de 1938, foi criado, no Município de Monte Alegre, o Distrito de Canápolis que foi desmembrado do Distrito de Monte Alegre



. Mapa 1: Localização do Município

A área onde se situa o aterro controlado caracteriza-se pela ocorrência de solos arenosos derivados de arenitos da Formação Adamantina. Segundo Batezelli (2002:36):

No Triângulo Mineiro, a Formação Adamantina aflora na região centro-oeste. É constituída por arenitos finos a médios, avermelhados, com seleção moderada, estratificações cruzadas de pequeno a médio porte (*foresets* com até 3 metros), estratificação plano-paralela e, subordinadamente, marcas onduladas. Localmente pode se apresentar maciça.

O Aterro Controlado de Canápolis localiza-se a leste do perímetro urbano, entre as coordenadas geográficas 18° 43,36' 35" de Latitude Sul e 49° 10,4' 39" de Longitude Oeste, a uma distância de 5,450 km do centro da cidade. Sua localização está ao lado da MG-226, bem próxima às nascentes dos córregos do Cerrado, separado apenas pela rodovia. Os riscos que o lixão oferece para o lençol freático, para o solo e meio ambiente são consideráveis, evidenciando as implicações sociais e para a saúde da população.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resíduos domiciliares e comerciais identificados no município de Canápolis são aqueles gerados nas residências, em pequenos estabelecimentos comerciais e empreendimentos de pequeno porte destinados à prestação de serviços. Os tipos

de resíduos gerados pelos pequenos estabelecimentos estão voltados à economia principal do município de Canápolis, ou seja, comércio, indústrias, construções, domicílios, agricultura e pecuária, entre outros.

Segundo dados coletados com a prefeitura de Canápolis, há 1.381 empresas cadastradas no município. E, segundo dados do Censo demográfico de 2012/IBGE os empreendimentos do município totalizam 277 empresas atuantes, que se diversificam em diferentes atividades de produtos e serviços, como comércio em geral, confecções e restaurantes, divergindo com os dados da prefeitura.



Figura 1: RSU no lixão de Canápolis

Fonte: AMANCIO, R.C. (2017)

Os resíduos de serviços de saúde identificados no município de Canápolis são aqueles relacionados ao atendimento da saúde humana, encontrados nos prestadores de serviços de saúde pública e privada. Existem cadastradas na prefeitura 6 unidades geradoras desse resíduo no município no ano de 2014. Esses tipos de resíduos apresentam características que se enquadram nas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT NBR 10.004:2004 como Resíduos do Grupo A, Grupo B e Grupo E. Os tipos de estabelecimentos classificados como de saúde são citados no Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde (CNES/SUS).

Os resíduos de construção civil identificados no município de Canápolis são aqueles originários de construções, de reformas, de demolições e de reparos.

Fazem parte deste tipo de resíduos componentes cerâmicos, tijolo, telha, vidro, plástico, placa de revestimento, concreto, argamassa, terra, madeira, forros, gesso, resinas, ferragem, argamassa, tinta e outros de obras de construção.

De acordo com as classes determinadas pelas Resoluções do CONAMA 307/2002 e 431/2011 os resíduos de construção civil do município se enquadram na Classe A e

Classe B.

Os resíduos de varrição identificados no município de Canápolis são aqueles descartados de forma difusa e de qualquer natureza nas vias públicas e praças. Esses resíduos são originários da varrição dos logradouros e dos espaços de domínio público.

Os resíduos de poda e capina são aqueles provenientes do corte de galhos de árvores e arbustos e da erradicação e controle de gramíneas e vegetação daninha que se instalam em calçadas de praças, canteiros de vias e nos espaços públicos.

Os resíduos originários em obras de construção civil no município de Canápolis são acondicionados e armazenados em vias públicas e em terrenos baldios, até a coleta ser realizada pela própria prefeitura municipal. Observa-se a disposição em vias públicas.



Figura 2: Resíduos de construção civil em Canápolis

Fonte: AMANCIO, R.C. (2017)

4.1 Coleta dos resíduos

A coleta de RSU no município de Canápolis tem sistemas diferenciados: os resíduos domiciliares e comerciais, resíduos de serviço de saúde, resíduos de construção civil e resíduos de varrição, poda e capina.

A administração e a execução na prestação de serviços de coleta dos resíduos domiciliares e comerciais são de responsabilidade da Secretaria de Obras e Serviço Público do município de Canápolis. A coleta de resíduos atende toda a população urbana, ou seja, o percentual de 100 %, e atende a população rural de forma parcial, com o percentual de 5 %. Em relação à periodicidade da coleta, a mesma é realizada diariamente e os serviços são regulares de segunda feira a sábado.

Não existe irregularidade na prestação do serviço e o tempo máximo em que os resíduos ficaram sem ser coletados foi o máximo de um dia. Os serviços de coleta nas vias públicas são realizados no período após às 18:00 h e o tempo necessário para

coletar os resíduos domiciliares de toda a cidade e rural são 6 horas, com a utilização de 2 (dois) veículos.

4.2 Tratamento e Disposição Final dos Resíduos

Os resíduos sólidos gerados no município de Canápolis têm destinação final em uma área sem controle ambiental.

O município não realiza processo de reciclagem dos seus resíduos gerados, porém existe um galpão onde os mesmos poderiam ser armazenados e comercializados posteriormente.

Nesse processo há uma interação com os catadores de materiais recicláveis do município, inclusive com a criação da associação de catadores.

No PGIRS/CIDES (2015) foram caracterizados os passivos ambientais verificados na UTC e na área de disposição final dos RSU do Município. Assim como pontos de despejos irregulares em locais diversos, priorizando áreas já consolidadas de “bota-foras”. Foram levantados os seguintes aspectos:

- ✓ A área de disposição final localiza-se nas proximidades de nascentes e à margem da rodovia MG-226;
- ✓ Por questões administrativas não houve renovação de contrato com os funcionários que trabalhavam na UTC, fazendo com que os RSU voltassem a ser dispostos no aterro em sua totalidade, ou seja, sem passarem pelo processo de triagem e compostagem;
- ✓ Faltam registros de monitoramento. Não há nem mesmo relatos acerca da contaminação dos corpos hídricos por lixiviado, principalmente os situados à jusante da disposição dos resíduos sólidos;
- ✓ Foi constatada a presença de animais (cães e gatos) na área de disposição dos resíduos sólidos, bem como outros de importância sanitária e de indicação de qualidade do manejo: ratos e urubus. Além de focos de moscas e mosquitos;
- ✓ Foi informado que não existem estudos de contaminação do solo, em nenhuma área do aterro, por lixiviado;
- ✓ Há facilitação de acesso de pessoas não autorizadas e veículos para disposição de resíduos sólidos, sem que para isto, estejam sujeitos a qualquer tipo de triagem ou caracterização. Observou ainda um local de livre acesso destinado para disposição de resíduos como galhos e podas de árvores, mas que está contaminado com resíduos domésticos e comerciais;
- ✓ Disposição de ossadas de animais possivelmente oriundas de abatedouros clandestinos e de açougues do Município;
- ✓ Observou-se presença de catadores no local de depósito de re-

sólidos sólidos.

Outros passivos foram identificados no Município, tais como os pontos clandestinos de acúmulo de resíduos nas margens de estradas e no perímetro urbano, onde notou-se a disposição final de resíduos sólidos em terrenos baldios.



Figura 3: Vista geral da localização da UTC (A), pátio de compostagem (B) e local para disposição final de resíduos sólidos do Município de Canápolis(C).

Fonte: CIDES (2015)

5 | CONCLUSÃO

Diante de todas as informações e estudos realizados para a elaboração desse trabalho é de extrema relevância apontar a questão do lixo como um grande problema para os municípios, diante disso, é notável que não há capacidade técnica para amenizar essa questão. Uma das medidas para tentar solucionar esse grande problema parte do Ministério Público através do TAC – Termo de Ajuste de Conduta, para enquadrar o município que não cumprir corretamente o que foi proposto na legislação. Constatou-se, através dos levantamentos, que o município de Canápolis não implantou as ações e estruturas propostas no PGIRS do CIDES, assim como no PRAD e o Projeto do Parque Sanitário Municipal.

Vale ressaltar a importância da população no processo de Mobilização e Educação Ambiental, com a devida separação dos resíduos e principalmente com a implantação da coleta seletiva, será muito relevante para a redução do volume que a cada dia tem aumentado no “lixão”. Foi criada uma associação de catadores, mas foram poucas as iniciativas para a mobilização social e educação ambiental. A coleta seletiva ainda não é uma realidade em Canápolis.

A coleta seletiva seria a base para a gestão adequada de resíduos sólidos em

Canápolis. Através da reciclagem dos resíduos secos e compostagem dos resíduos úmidos o volume de resíduos seriam reduzidos, restando apenas uma pequena porcentagem de rejeitos que seriam aterrados.

Com a coleta seletiva, mobilização e educação ambiental, não foram devidamente efetivas pela a gestão municipal, a qualidade ambiental da área piorou. A realidade diagnosticada revelou a urgência da implantação do plano de gerenciamento de resíduos sólidos no município.

REFERÊNCIAS

ABRELPE, 2016, PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL, Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2016.pdf>> Acesso 20/11/2017.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. Resolução nº 404, de 11 de novembro de 2008. Estabelece critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental de aterro sanitário de pequeno porte de resíduos sólidos urbanos. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 12 nov. 2008. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=592>>. Acesso em: 05/11/2017

BRASIL. Guia para a elaboração dos Planos de Gestão de Resíduos Sólidos. Brasília:

BRASIL. Lei Federal nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007, que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico.

BRASIL. Lei Federal nº 12.305, de 02 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 404, de 12 de novembro de 2008, que estabelece critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental de aterro sanitário de pequeno porte de resíduos sólidos urbanos.

BRASIL. Senado Federal. REVISTA EM DISCUSSÃO. Brasília: Senado Federal, Ed. nº22. 14 de Set. de 2014. Disponível em:<<https://www12.senado.leg.br/emdiscussao/edicoes/residuos-solidos>> Acesso em 10/12/2017.

BRASIL. Constituição Federal (1988). Brasília: Diário Oficial da União, 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constitui%C3%A7ao.htm>. Acesso em: 09.12.17.

_____. Diretrizes Nacionais para o Saneamento Básico (Lei nº 11.445/07). Brasília: Diário Oficial da União, 2007a. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm>. Acesso em 25.11.2017.

_____. Decreto nº 6.017/07. Brasília: Diário Oficial da União, 2007b. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/decreto/d6017.htm>. Acesso em: 15.05.2017.

Canapolis, Plano Municipal de Saneamento Básico, 2015, CIDES.

CASTILHOS JR., A. B. de et al. Alternativas de Disposição de Resíduos Sólidos Urbanos para Pequenas Comunidades: coletânea de trabalhos técnicos. Rio de Janeiro, ABES, 2002.

Censo demográfico. Disponível em: <http://censo2010.ibge.gov.br/pt/>. Acesso em 05/08/2017.

_____. IBGE Cidades. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php>. Acesso em 05/08/2017.

CONSÓRCIO PÚBLICO INTERMUNICIPAL DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO TRIÂNGULO MINEIRO E ALTO PARANAÍBA (CIDES). Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos do Consórcio Público Intermunicipal de Desenvolvimento Sustentável do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba – CIDES. Uberlândia, 2015. 564 p.

CORDEIRO, B. de S. (org.). Lei Nacional de Saneamento Básico: perspectivas para as políticas públicas. Volume II - Conceitos, características e interfaces dos serviços públicos de saneamento básico. Brasília: Ministério das Cidades, 2009.

FORTINI, C.; ROCHA, R. B. Consórcios Públicos, contratos de programa e a Lei de Saneamento. In PICININ, J.; FORTINI, C. (org.). Saneamento Básico: estudos e pareceres à luz da Lei nº 11.445/2007. Belo Horizonte: Ed. Fórum, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Pesquisa Nacional de Saneamento Básico - 2000. Rio de Janeiro: IBGE, 2002.

_____. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico - 2008. Rio de Janeiro: IBGE, 2010a.

JACOBI, P. Impactos Socioambientais Urbanos: do risco à busca de sustentabilidade. In: MENDONÇA, F. (org.). Impactos Socioambientais Urbanos. Curitiba: UFPR, 2004.

LEAL, S. M. R. A Cooperação Consorciada: aportes da experiência intermunicipal na frança para o caso brasileiro. In: Encontro da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Planejamento Urbano e Regional, XII, 2007, Belém-PA. Anais do XII Encontro da ANPUR. Belém: ANPUR, 2007.

LOPES, J. C. de J. Resíduos sólidos urbanos: consensos, conflitos e desafios na gestão institucional da Região Metropolitana de Curitiba - PR. Tese de Doutorado. 252 p. Curitiba: Programa de Pós-graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento (UFPR), 2007.

LOPES, L. Gestão e Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos: alternativa para pequenos municípios. Dissertação de Mestrado. 113 p. São Paulo: Programa de Pós-graduação em Geografia Humana (USP), 2006.

Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos / José Henrique Penido Monteir ...[et al.]; coordenação técnica Victor Zular Zveibil. Rio de Janeiro: IBAM, 2001.

MESQUITA, J. M. de. Gestão integrada de resíduos sólidos: Mecanismo de desenvolvimento limpo aplicado a resíduos sólidos. Rio de Janeiro: IBAM, 2007.

MINISTÉRIO DAS CIDADES (MCIDADES). Guia para a elaboração de planos municipais de saneamento. Brasília: Ministério das Cidades, 2006.

Ministério do Meio Ambiente - Secretaria de Recursos Hídricos e Meio Ambiente Urbano, 2011.

NISHIYAMA, L. Procedimentos do mapeamento geotécnico como base para análises e avaliações ambientais do meio físico, em escala 1:100.000: aplicações no Município de Uberlândia-MG, São Carlos. Universidade de São Paulo-USP. Tese de Doutorado, 1998. p.272

PHILLIPI JR., A.; AGUIAR, A. de O. Resíduos Sólidos: Características e Gerenciamento. In: PHILLIPI JR., A. (org.). Saneamento, Saúde e Ambiente: Fundamentos para um desenvolvimento sustentável. São Paulo: Manole, 2005.

AVALIAÇÃO DA EUTROFIZAÇÃO DOS RESERVATÓRIOS AÇUDE DA MACELA E JACARECICA ITABAIANA-SE DO ATRAVÉS DO ÍNDICE DE QUALIDADE DA ÁGUA DE RESERVATÓRIOS-IQAR

Maria Caroline Silva Mendonça

Universidade Federal de Sergipe – Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos – PRORH

São Cristóvão – Sergipe

Helenice Leite Garcia

Universidade Federal de Sergipe – Departamento de Engenharia Química

São Cristóvão – Sergipe

Valdelice Leite Barreto

Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos – SEMARH

Aracaju – Sergipe

Carlos Alexandre Borges Garcia

Universidade Federal de Sergipe – Departamento de Química

São Cristóvão – Sergipe

RESUMO: O presente estudo teve como objetivo avaliar o processo de eutrofização dos reservatórios da Macela e Jacarecica através dos principais índices de qualidade da água para reservatórios. As variáveis físico-químicas e biológicas analisadas foram: temperatura, oxigênio dissolvido, pH, condutividade, cor, sólidos totais, sólidos secos, nitrogênio amoniacal, nitrito, nitrato, fósforo total e clorofila-a. Os parâmetros de qualidade foram comparados com os limites estabelecidos pela Resolução nº. 357/2005 do CONAMA e a qualidade foi determinada de acordo com

quatro índices – IAQR (IAP), O-IQA, PW-IQA e CPCB-IQA –, a fim de minimizar a subjetividade e melhorar a credibilidade da avaliação final. Os resultados obtidos para o IQAR, O-IQA, PW-IQA e CPCB-IQA para os reservatórios da Macela e Jacarecica, permitiram classificá-los, respectivamente, como extremamente poluídos, muito ruim, qualidade mínima e muito ruim. As análises das variáveis de qualidade mostraram que as águas destes reservatórios encontram-se com altas concentrações de nitrogênio amoniacal e fósforo total, sendo as atividades antrópicas, resultado do despejo de efluentes domésticos, industriais e agrícolas, as principais e as mais significativas possíveis fontes de poluição. Deste modo, as águas dos rios não estão em conformidade com os padrões estabelecidos pela Resolução nº. 357/2005 do CONAMA para a classe 2 de qualidade.

PALAVRAS-CHAVE: Qualidade da água; Processo de eutrofização; Reservatórios da Macela e Jacarecica.

ABSTRACT: This study had as objective to evaluate the process of eutrophication of the reservoirs Macela and Jacarecica through the main indices of water quality to reservoirs. The physicochemical and biological variables analyzed were: temperature, dissolved oxygen, pH, conductivity, color, total solids, dry solids, ammonia nitrogen, nitrite, nitrate, total

phosphorus and chlorophyll a. The parameters of water quality were compared with the limits established by CONAMA's Resolution n°. 357/2005 and the quality of its waters was determined according to four indexes - IAQR (IAP), O-WQI, PW-WQI and CPCB-WQI - in order to minimize subjectivity and improve the credibility of the final evaluation. The results for the IQAR, O-IQA, PW-IQA and CPCB-IQA to both reservoirs, Macela and Jacarecica, allowed classify them respectively as extremely polluted, very bad, minimum quality and very bad. The analysis of variables showed that the water quality of these reservoirs are found with high concentrations of ammonia-N and total phosphorus, like anthropogenic activities, resulting from dumping of domestic, industrial and agricultural effluents, possibly, the main and most significant sources of pollution. Thus, these river waters are not in accordance with standards established by CONAMA's Resolution n°. 357/2005 for Class 2 quality.

KEYWORDS: Water quality; Eutrophication process; Reservoirs Macela and Jacarecica.

1 | INTRODUÇÃO

O monitoramento da qualidade da água em reservatórios contribui para avaliar os impactos a que os ecossistemas estão submetidos, além de garantir maior confiabilidade quanto à segurança da saúde da população. Dessa maneira, este colabora com o controle e gestão da qualidade das águas com base nos parâmetros físico-químicos, como temperatura da água, oxigênio dissolvido, condutividade e as condições climáticas do dia, e biológicos, como a presença de cianobactérias, coliformes totais e coliformes termotolerantes.

De acordo com Balcerzak (2005), a eutrofização, partindo do ponto de vista ecológico, é um processo de proliferação de matéria orgânica em meio hídrico, e que resulta na multiplicação de matéria vegetal que, por decomposição, provoca a diminuição do oxigênio necessário à vida animal e, conseqüentemente, a diminuição da atividade biológica desse ecossistema. Esse processo pode ser natural ou provocado pelo homem (eutrofização antrópica), que atualmente é a principal causa de contaminação da água com nutrientes, tendo como princípio o aumento da concentração da matéria orgânica em meio aquático.

À vista disso, a eutrofização promove o crescimento em excesso de plantas, favorecendo a proliferação das algas e do plâncton, provocando, assim, uma severa redução na qualidade da água. Durante esse processo, a carga excessiva de nutrientes, geralmente fosfato e nitrato, implica no crescimento das algas que vivem na superfície da água, formando uma camada densa e verde, que impede a penetração da luminosidade, reduzindo a taxa de oxigênio necessário para atender aos organismos aeróbios. Quando morrem, as algas se depositam no fundo do mar, onde são decompostas e os nutrientes contidos na matéria orgânica são convertidos, por bactérias, em formas inorgânicas (GARCIA et al, 2013).

Dessa forma, para Olsen (2013), a consequência mais importante da eutrofização

é a produção de compostos tóxicos a partir de cianobactérias. Essas toxinas seguem um caminho na cadeia alimentar que podem resultar em morbidez e mortalidade. Quando as algas morrem ou são ingeridas, elas liberam neurotoxinas que podem matar animais e representar uma ameaça aos seres humanos.

Segundo Mohan (2012), efluentes de esgotos sem tratamento e escoamentos agrícolas que transportam fertilizantes são exemplos de processos de eutrofização causados pelo homem. No entanto, o processo ocorre naturalmente em situações em que os nutrientes se acumulam ou nas quais eles fluem para sistemas de bases efêmeras.

Ainda de acordo com Mohan (2012), o processo de decomposição utiliza o oxigênio e priva as águas mais profundas deste, que pode matar os seres aeróbios. Além do mais, os nutrientes necessários para manter a vida dos organismos ficam retidos na parte inferior do ecossistema aquático e, se estes não são trazidos para mais perto da superfície, onde há mais luz disponível para a fotossíntese, uma séria tensão é colocada sobre as populações de algas. O crescimento avançado da vegetação aquática ou fitoplâncton e a proliferação de algas perturbam o funcionamento normal do ecossistema, causando uma variedade de problemas, tais como problemas de saúde que ocorrem quando as condições eutróficas interferem no tratamento de água potável. Como consequência desse processo, ou seja, devido ao acúmulo de sedimentos, ocorre a produção de gases tóxicos, como o gás sulfúrico, e de toxinas, como a amônia.

Para Chin (2013), vários compostos ou combinações de produtos químicos são considerados tóxicos para a vida humana e aquática e tem o potencial de ocorrer no ambiente hídrico a níveis perigosos. Em alguns casos, o desequilíbrio do ecossistema é provocado pela falta de uma substância que é essencial para o bem-estar do meio e não pela presença de uma substância tóxica. Assim, a taxa de oxigênio dissolvido e a demanda bioquímica de oxigênio são os parâmetros mais importantes para avaliar a saúde do ecossistema.

Pelo fato de as cianobactérias conseguirem viver em diversos ambientes e condições extremas, reservatórios com grande quantidade destas não são facilmente regenerados, um vez que o tratamento de água convencional não será suficiente para remover as toxinas presentes no ecossistema (GARCIA; SANTOS, 2013).

No ponto de vista de Olsen (2013), essas toxinas provocam doenças que variam de acordo com o mecanismo de toxicidade, com a dose tóxica e com a água a qual o organismo foi exposto. Os sintomas incluem desde a irritação da pele, dor de cabeça, espasmos musculares até o coma. Animais marinhos podem ser vetores de tais toxinas, como no caso do ciguatera, que é um peixe tipicamente predador que acumula a toxina que, depois, é ingerida pelos humanos.

A adequação das fontes de água para consumo humano tem sido descrita em termos de índice de qualidade de água (IQA), que é uma das formas mais eficazes para descrever a qualidade da água. Segundo Tyagi et al (2013), o IQA utiliza os

dados de qualidade da água e ajuda na modificação das políticas ambientais, que são formuladas por várias agências de monitoramento ambiental. O uso da variável individual, a fim de descrever a qualidade da água para o público comum, não é de fácil compreensão. É por isso que o IQA tem a capacidade de reduzir a maior parte das informações em um único valor para expressar os dados de forma simplificada e lógica, a partir de um número de parâmetros que, ao serem combinados, desenvolvem um estado geral de um sistema de água.

No entanto, o IQA, muitas vezes, é específico para determinado tipo de poluição ou área geográfica, mas não para aplicações universais, além de não fornecer evidências sobre as fontes poluentes. À vista disso, outras entidades têm feito adaptações com relação aos parâmetros e à fórmula de cálculo do IQA, buscando demonstrar, de forma eficiente e oportuna, a qualidade da água de acordo com os parâmetros que estão influenciando o meio hídrico e, por isso, há a necessidade de atribuir novos pesos a essas variáveis, que são avaliados de acordo com a sua importância quanto ao uso final da água.

Neste contexto, o principal problema em programas regulares de monitoramento da qualidade da água é a geração de uma grande matriz de dados físico-químicos em um período relativamente curto de tempo que necessita de um mecanismo de manipulação de dados eficaz para a interpretação dos resultados, associação de variáveis e conclusão significativa para avaliar a qualidade de recursos hídricos. Sendo assim, o objetivo do presente estudo é avaliar o processo de eutrofização de um reservatório de água através dos índices de qualidade da água para reservatórios comumente utilizados, com base nos parâmetros físico-químicos e biológicos da água.

2 | METODOLOGIA

2.1. Área de Estudo

Definiu-se como área do presente estudo de caso o Açude da Macela e o Reservatório Jacarecica. O perímetro do Açude da Macela está situado no espaço urbano do município de Itabaiana e a sub-bacia hidrográfica do Rio Jacarecica, uma das principais formadoras da bacia do Rio Sergipe, situa-se na região leste do agreste sergipano, englobando parcelas de quatro municípios: Riachuelo, Nossa Senhora do Socorro, Laranjeiras e Areia Branca.

O Açude tem uma capacidade de armazenamento de 2.710.000 m³ e foi projetado para fornecer água de irrigação para 156 hectares, além de ser uma área utilizada para a produção de hortaliças que abastece os mercados de Itabaiana e grande parte do estado. A água do açude apresenta qualidade imprópria para irrigação, possivelmente, em função dos despejos agrícolas (agrotóxicos), que escoam para essa área através dos rios ou dos lençóis freáticos, e esgotos domésticos e industriais descartados no

reservatório sem qualquer tratamento.

É muito comum o despejo de dejetos domiciliares, industriais, agrícolas sem o tratamento devido em corpos d'água e com o Rio Jacarecica não é diferente. De acordo com Ribeiro et al (2012), o rio percorre diversos municípios sergipanos, transportando partículas suspensas em solução e, também, desempenhando um papel erosivo ao desintegrar partículas sólidas que são carregadas pelo processo de saltação. A descarga de esgoto no rio afeta a vida aquática, diminuindo a oxigenação da água e causando a mortandade de peixes e espécimes animais, além de tornar a água imprópria para o consumo humano e dessedentação animal.

2.2. Procedimentos Metodológicos

Os dados para o presente estudo foram determinados segundo metodologia descrita pelo APHA, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, e fornecidos pelo Laboratório de Química Analítica Ambiental da Universidade Federal de Sergipe LQA/DQI/UFS. As variáveis de qualidade da água foram analisadas de acordo com os padrões estabelecidos na Resolução nº. 357/2005 do CONAMA.

Para garantia da qualidade analítica foram usados a calibração com padrões, a análise de reagentes em branco e determinações em triplicatas. O laboratório também participa regularmente de programas de proficiência e tem acreditação para alguns parâmetros.

2.3. Aplicação dos Índices de Qualidade da Água

A partir dos parâmetros físicos, químicos e biológicos obtidos, foi possível calcular os índices de qualidade da água, para o Açude da Macela e Reservatório Jacarecica. Visto que não haviam sido analisados os 9 parâmetros de qualidade necessários para o cálculo do IQA, este foi inviabilizado.

É importante comentar que, para o cálculo dos índices IQAR, O-IQA, PW-IQA e CPCB-IQA, não é necessário analisar os novos parâmetros exigidos pelo cálculo do IQA. Algumas variáveis podem ser excluídas, assim como outras podem ser inseridas, como a clorofila a que é indicativo da presença de algas e, por isso, pode ser incluída no cálculo dos índices. Os parâmetros de qualidade da água, utilizados nos cálculos dos índices, foram analisados de acordo com as suas médias aritméticas obtidas a partir de uma planilha no aplicativo Excel (Microsoft Office).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Análise dos parâmetros de qualidade da água

As médias aritméticas dos parâmetros físico-químicos e biológicos de qualidade

da água dos reservatórios da Macela e Jacarecica estão representadas na Tabela 1. O desvio padrão de cada variável não foi considerado significativo ao trabalho, pois alguns parâmetros apresentaram valores de desvio muito próximos aos da média, devido à influência dos períodos de chuva e seca em que as amostras foram coletadas.

Parâmetro	Macela	Jacarecica
Condutividade (mS cm ⁻¹)	1,67	0,47
Cor (Pt-Co)	21,48	5,55
pH	8,56	7,70
Sólidos Totais (mg L ⁻¹)	1.058,02	217,30
Sólidos Secos (mg L ⁻¹)	23,06	2,60
Oxigênio Dissolvido (mg L ⁻¹)	5,32	4,26
N-NH ₄ (µg L ⁻¹)	48,19	98,17
N-NO ₂ (µg L ⁻¹)	146,20	8,30
N-NO ₃ (µg L ⁻¹)	1.255,96	37,00
P Total (mg L ⁻¹)	0,83	0,38
Clorofila-a (µg L ⁻¹)	59,28	5,12

Tabela 1 - Parâmetros físico-químicos e biológicos do Açude da Macela e Reservatório Jacarecica

3.2. Avaliação dos índices de qualidade da água

Além de ser uma tarefa muito desafiadora, faz-se necessário atingir o equilíbrio entre o valor determinado, legitimidade da qualidade do corpo hídrico e a eficácia do índice através da análise de alguns, dentre centenas, parâmetros de qualidade da água. Mesmo quando todas as variáveis pré-selecionadas são consideradas importantes como indicadores de qualidade, algumas assumem pesos diferentes devido ao destino final da água e, por isso, o Açude da Macela e o Reservatório Jacarecica foram avaliados de acordo com os índices descritos, a fim de minimizar a subjetividade e melhorar credibilidade da avaliação final.

Por meio dos resultados obtidos através da análise dos parâmetros físicos, químicos e biológicos, foram determinados os índices de qualidade da água para o Açude da Macela e Reservatório Jacarecica, cujos resultados encontram-se na Tabela 2.

Índices	Açude da Macela	Reservatório Jacarecica	Classe Equivalente
IQAR (IAP)	6,00	5,81	Extremamente poluído
O-IQA	2,16	1,01	Muito ruim
PW-IQA	9,49	3,42	Qualidade mínima
CPCB-IQA	20,13	4,45	Muito ruim

Tabela 2 - Índices de Qualidade da Água para o Açude da Macela e Reservatório Jacarecica.

Observando a Tabela 2 e seguindo as descrições numéricas dos índices de cada índice, ou seja, as faixas de classificação, verifica-se que a qualidade das águas

do Açude da Macela e do Reservatório Jacarecica encontram-se classificadas como *extremamente poluídas, muito ruim e qualidade mínima e muito ruim*, de acordo com os respectivos índices adaptados - com relação aos parâmetros e à fórmula de cálculo do IQA – IQAR, O-IQA, PW-IQA, CPCB-IQA.

Observa-se, também, que todos os índices foram calculados com base em parâmetros diferentes, e mesmo assim, os resultados são concordantes com os das análises físico-químicas e biológicas da água, que apresentaram, em algumas variáveis, valores bem acima dos máximos permitidos para qualquer uso da água. Assim, as variáveis que tiveram os resultados das análises mais elevados foram o nitrogênio amoniacal, bem como nitrito e nitrato, e o fósforo total, que são indicativas de processo de eutrofização, devido, possivelmente, aos despejos de efluentes domésticos e industriais, bem como o escoamento agrícola associado à aplicação de fertilizantes na agricultura.

A Figura 1 mostra uma comparação entre os índices, seus valores e os dois reservatórios estudados.

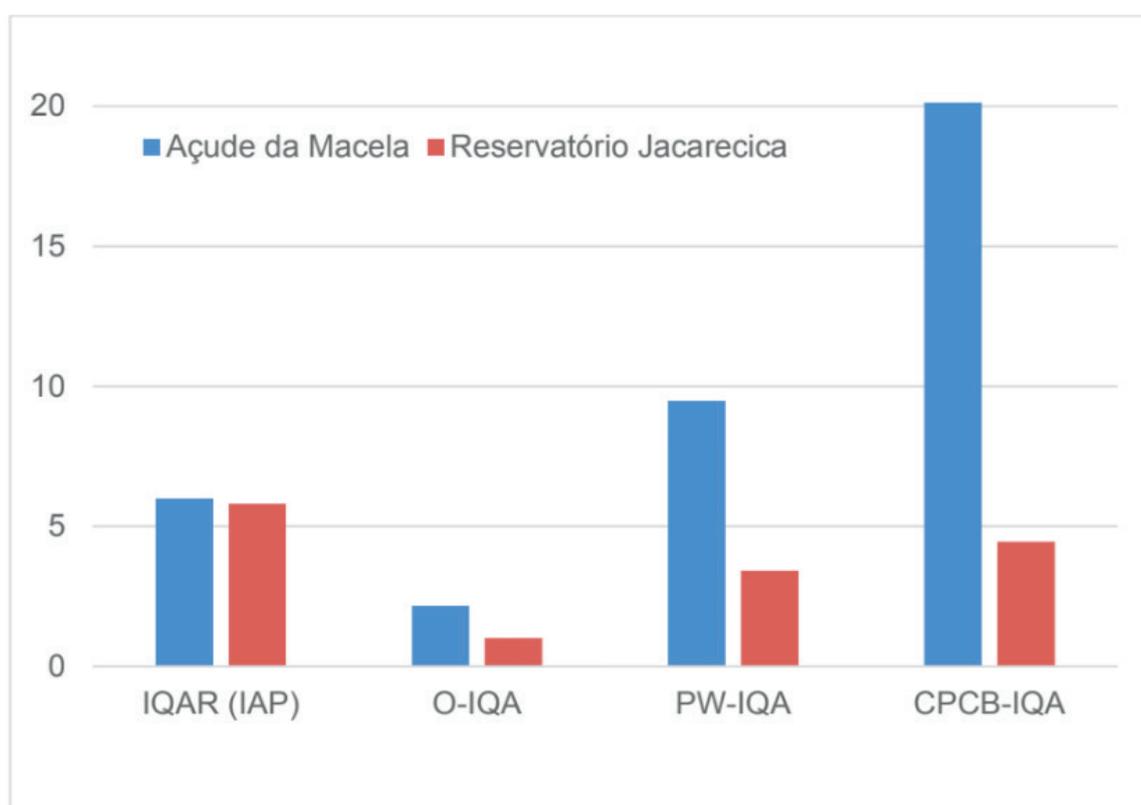


Figura 1 – Comparação entre os valores dos índices de qualidade da água nos reservatórios estudados.

O uso excessivo de fertilizantes pode ser um dos elementos em destaque, uma vez que os agrotóxicos, utilizados nas plantações agrícolas localizadas próximas ao açude, são despejados nos rios ou absorvidos pelos lençóis freáticos. Vale salientar que a região do Açude é muito rica na produção de hortaliças, que abastecem o mercado itabaianense, bem como a capital e grande parte do estado, e que para produzir esses alimentos, os agricultores utilizam as águas da Macela.

É importante comentar também que o fósforo sofre transformações contínuas no ambiente de água doce. Fitoplâncton e bactérias consomem o fósforo disponível no meio hídrico e transformam-no em sua forma orgânica. Estes organismos podem, então, ser ingeridos por detritívoros ou herbívoros que, por sua vez, podem excretar o fósforo orgânico na água, facilitando a assimilação das plantas e micróbios. Dessa forma, quando encontrado em altas concentrações, o fósforo pode ocasionar a eutrofização do meio hídrico, além de, juntamente com o nitrogênio, influenciar a proliferação de cianobactérias. Fato evidenciado neste trabalho pela elevada concentração de clorofila a no Açude da Macela, de acordo com o limite estabelecido pelo CONAMA nº 357/05.

O nitrogênio é um dos elementos mais importantes para manutenção da vida de ecossistemas aquáticos, podendo ser encontrado nas formas amoniacal, nitrito e nitrato, sendo o nitrato a principal forma de nitrogênio encontrada nas águas, já que é uma das principais fontes para os produtores primários. Quando em elevadas concentrações, a oxidação de suas espécies pode consumir uma grande quantidade de oxigênio, estimulando o crescimento de algas.

O nitrogênio amoniacal é oriundo do processo de decomposição de matéria orgânica e, em grandes quantidades, pode causar a mortandade dos peixes. As substâncias nitrogenadas orgânicas sofrem decomposição até o nitrato, passando pela amônia e, por este motivo, a sua presença indica poluição recente. Essa análise condiz com a avaliação dos parâmetros, uma vez que, de acordo com a Resolução CONAMA nº 357/05, os valores para nitrogênio amoniacal, nitrato e nitrito estão acima do limite estabelecido, mas a concentração de clorofila a – indicativo da presença de cianobactérias – está abaixo do máximo permitido para o reservatório Jacarecica.

De acordo com os valores dos parâmetros analisados e dos obtidos através dos índices de qualidade, o Açude da Macela e o Reservatório Jacarecica encontram-se discordantes do uso atual e dentro dos limites pertencentes à classificação de corpo de água doce de classe 4, que são águas que podem ser destinadas apenas à navegação e à harmonia paisagística.

No tocante à gestão ambiental, é imprescindível o monitoramento dos parâmetros físicos, químicos e biológicos para a avaliação dos impactos da ação humana sobre os recursos hídricos. O uso de boas práticas de manejo e redução de carga de nutrientes, através do tratamento dos efluentes domésticos, agrícolas e industriais, contribuem para a melhoria da qualidade das águas.

4 | CONCLUSÕES

Após o estudo de diferentes índices de qualidade da água, pode-se inferir que o objetivo do IQA é facilitar a interpretação dos dados de monitoramento de qualidade da água através de um número, que é resultado da redução de um número de parâmetros em uma expressão simples. Estes índices utilizam vários parâmetros biológicos e físico-

químicos, que avaliam a vulnerabilidade da qualidade da água, e foram resultados de pesquisas realizadas por diferentes órgãos do governo e especialistas. Apesar de todos os esforços, nenhum índice foi, até agora, universalmente aceito, de modo que as agências de água, usuários e gestores de recursos hídricos em diferentes países tem feito adaptações em índices com relação aos parâmetros e à fórmula de cálculo do IQA.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade da água dos reservatórios Macela e Jacarecica, por meio da análise e comparação de características físico-químicas e biológicas com os padrões exigidos pela Resolução CONAMA nº 357/05, além de obter um valor para os quatros índices estudados (IQAR, O-IQA, PW-IQA e CPCB-IQA) que auxiliassem na interpretação dos fatores mais importantes que contribuiriam para a classificação final dessas águas.

Verificou-se, por meio da comparação dos resultados dos parâmetros analisados com os atribuídos pela Resolução nº. 357/2005 do CONAMA, que os reservatórios Macela e Jacarecica encontram-se fora do limites estabelecidos para corpos de água doce classe 2 de qualidade, conforme estabelecido pela Portaria SUREHMA nº 004 de 21/03/91. Os valores obtidos das variáveis analisadas permitem classificá-los como corpo de água doce de classe 4, que são águas que podem ser destinadas apenas à navegação e à harmonia paisagística. No entanto, sabe-se que estes reservatórios são utilizados para abastecimento para consumo humano, dessedentação animal e irrigação de hortaliças.

No tocante à qualidade da água de acordo com os índices, verificou-se que os reservatórios Açude da Macela e do Reservatório Jacarecica encontram-se classificados como extremamente poluídos, muito ruim, qualidade mínima e muito ruim, de acordo com os índices IQAR, O-IQA, PW-IQA e CPCB-IQA, respectivamente. É importante salientar que estes resultados estão em conformidade com os das análises físico-químicas e biológicas da água, que apresentaram, em algumas variáveis, tais como nitrogênio amoniacal, nitrito, nitrato e fósforo total, valores bem acima dos máximos permitidos para qualquer uso da água. Estes elevados teores de compostos nitrogenados e fósforo são indicativos de processo de eutrofização, e podem estar relacionados, possivelmente, aos despejos de efluentes domésticos, agrícolas e industriais.

Este trabalho evidencia que é preciso adotar medidas visando o controle e à redução de nutrientes e cargas orgânicas na água, além da contenção do processo de eutrofização desses reservatórios. Neste contexto, é imprescindível o monitoramento dos parâmetros físico-químicos e biológicos para a avaliação dos impactos da ação humana sobre os recursos hídricos.

É importante mencionar também que, embora as autoridades possam construir estações de tratamento para a adequada remoção de nutrientes, é necessário que a comunidade seja parceira na estratégia de gerenciamento ambiental. Os reservatórios do Açude da Macela e o Reservatório Jacarecica, de acordo com os resultados obtidos

e analisados no presente trabalho, requerem esse tipo de controle, visto que as águas desses reservatórios foram classificadas como impróprias para o consumo humano, para proteção das comunidades aquáticas e para recreação de contato primário, conforme Resolução CONAMA nº. 357/2005.

REFERÊNCIAS

APHA/AWWA/WEF. EATON, A.D.; et al. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 21ª ed. Washington: American Public Health Association. 1082 p, 2005.

BALCERZAK, W. **The Protection of Reservoir Water against the Eutrophication Process**. Polish J. of Environ. Stud. Vol. 15, No. 6 (2006), 837-844. Disponível em: <<http://6csnfn.pjoes.com/pdf/15.6/837-844.pdf>>. Acesso em: mar. 2014.

CHIN, D. A. **Water-Quality Engineering in Natural Systems: Fate and Transport Processes in the Water Environment**. New Jersey: WILEY, 2013, 471p.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente, **Resolução nº 357, 2005**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/>>. Acesso em 12 jun. 2014.

LENZI, E.; FAVERO, L. O. B.; LUCHESE, E. B. **Introdução à Química da Água: Ciência, Vida e Sobrevivência**. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

OLSEN, K. R. **Manual de Toxicologia Clínica**. 6ed. Rio de Janeiro: Grupo A, 2013, 832p.

MOHAN, S. M. **Comparative Study of Rice Straw and Ragi Straw for the Inhibition of Algal Bloom in Fresh Water**. International Research Journal of Biological Sciences, India, Vol 1(6), 31-37, October (2012). Disponível em: <<http://www.isca.in/IJBS/Archive/v1i6/6.ISCA-JBS-2012-125.pdf>>. Acesso em 10 abril. 2014.

RIBEIRO, A. F. A., et al. **Estudo ambiental do Rio Jacarecica no povoado Candeias, Moita Bonita – SE**. Revista Geonorte, Edição especial, V.3, N.4, p. 933-945, 2012.

TIAGY, S., BHAVTOSH S., PRASHANT S., RAJENDRA D. **Water Quality Assessment in Terms of Water Quality Index**. American Journal of Water Resources, 2013, p 34-38.

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RESERVATÓRIO POÇÃO DA RIBEIRA USANDO ESTATÍSTICA MULTIVARIADA

Carlos Eduardo Oliveira Santos

Universidade Federal de Sergipe – UFS,
Programa de Pós-Graduação em Recursos
Hídricos, São Cristóvão – Sergipe.

Lucas Cruz Fonseca

Instituto Tecnológico e de Pesquisas do Estado de
Sergipe – ITPS, Aracaju – Sergipe.

José do Patrocínio Hora Alves

Universidade Federal de Sergipe – UFS,
Programa de Pós-Graduação em Recursos
Hídricos, São Cristóvão – Sergipe.

RESUMO: Nesse trabalho foi avaliada a qualidade da água superficial do reservatório Poção da Ribeira, no estado Sergipe, Nordeste do Brasil. Para tal, foram realizadas quatro campanhas de amostragem, compreendidas no intervalo temporal de junho de 2013 a novembro de 2014. Em cada amostra foram determinados os seguintes parâmetros: pH, condutividade elétrica, turbidez, oxigênio dissolvido, alcalinidade total, dureza, demanda bioquímica de oxigênio, sólidos totais dissolvidos, cor, carbono orgânico total, fosfato, fósforo total, nitrato, nitrito, nitrogênio amoniacal, sódio, potássio, cálcio, magnésio, cloreto, sulfato, bicarbonato, coliformes termotolerantes e temperatura. A análise de agrupamento hierárquico (AAH) pelo método Ward e a Análise de Componentes Principais (ACP) foram aplicadas ao conjunto dos dados obtidos. AAH

discriminou os períodos secos dos chuvosos, demonstrando a variação sazonal da qualidade da água. A ACP revelou que as duas primeiras componentes principais (CP1, CP2) juntas, explicaram 96,53% da variância total da matriz de dados. A CP1 está associada ao conteúdo iônico da água e separou as amostras do período seco de 2014 das demais. A CP2 discriminou a qualidade da água entre os períodos seco e chuvoso e evidenciou que a variação sazonal está associada principalmente, a concentração dos coliformes termotolerantes.

PALAVRAS-CHAVE: recursos hídricos, variação sazonal, análise de agrupamento hierárquico, análise de componentes principais, balanço iônico.

ABSTRACT: In this study, it was evaluated the surface water quality from Poção da Ribeira reservoir, in the state of Sergipe, northeast Brazil. Surface water samples were collected at four sampling campaigns, between the time period of June 2013 to November 2014. In each sample, the following parameters were determined: pH, electrical conductivity, turbidity, dissolved oxygen, total alkalinity, hardness, biochemical oxygen demand, total dissolved solids, color, total organic carbon, phosphate, total phosphorus, nitrate, nitrite, ammonia, sodium, potassium, calcium, magnesium, chloride, sulphate, bicarbonate, thermotolerant

coliform and temperature. A hierarchical cluster analysis (HCA) by Ward method and Principal Component Analysis (PCA) were applied to all data. The HCA discriminated dry periods of rainy ones, showing the seasonal variation of the water quality. PCA showed that the first two principal components (PC1, PC2) together explained 96.53% of the data matrix total variance. The PC1 is associated with the water ionic content and separated the dry period samples of 2014 from the others. The PC2 discriminated water quality between the dry and rainy seasons and showed that the seasonal variation is associated mainly with the thermotolerant coliform concentration.

KEYWORDS: water resources, seasonal variation, hierarchical cluster analysis, principal component analysis, ion balance.

1 | INTRODUÇÃO

Ao contrário de um recurso estático como a terra, a água ocorre em um ciclo dinâmico de chuva, escoamento e evaporação, com enormes variações temporais e espaciais, e ainda com variações na sua qualidade, com efeitos significativos sobre os seus múltiplos usos (Rijsberman, 2006).

Em termos globais, a escassez de água, nas próximas décadas, deverá atingir até dois terços da população mundial (Vorosmarty et al., 2000; Wallace, 2000; Wallace e Gregory, 2002). Fica evidente que com o crescimento populacional haverá proporcionalmente menos água disponível por pessoa, considerando que os recursos hídricos disponíveis são mais ou menos constantes (Rijsberman, 2006).

Os reservatórios são alternativas importantes, no suprimento de água bruta para as cidades, irrigação, controle de enchentes e geração de eletricidade. Portanto, é imperativo se dispor de informações para subsidiar a gestão adequada desses ambientes (Singh et al., 2004; Varol et al., 2012; Huang et al., 2014).

A análise estatística multivariada tem sido aplicada na avaliação da qualidade de águas superficiais, pois são úteis na verificação de variações espaço – temporal e na identificação de fatores naturais e antropogênicos associados à sazonalidade (Singh et al., 2004, 2005; Qadir et al., 2007; Shrestha; Kazama, 2007; Varol; Şen, 2009; Varol et al., 2012).

Nesse trabalho foi avaliada a qualidade da água do reservatório Poção da Ribeira, situado na região Agreste Central do Estado de Sergipe. Para avaliação das variações temporais utilizou-se de ferramentas estatísticas multivariadas, aplicadas ao conjunto dos dados, possibilitando a identificação das variáveis como maior influência nessas variações e suas possíveis fontes.

2 | MATERIAIS E MÉTODO

Nesta seção são apresentadas a área de estudo e sua localização geográfica, o

detalhamento das campanhas de amostragem e referências dos métodos analíticos utilizados para a análises da água, assim como os softwares utilizados para o tratamento de dados da qualidade da água do reservatório Poção da Ribeira, no ponto de amostragem, e período de abrangência temporal do estudo.

2.1. Área de Estudo

A área estudada encontra-se na região nordeste do Brasil, entre os municípios de Itabaiana e Campo do Brito, agreste central do estado de Sergipe, como demonstrado na Figura 1.

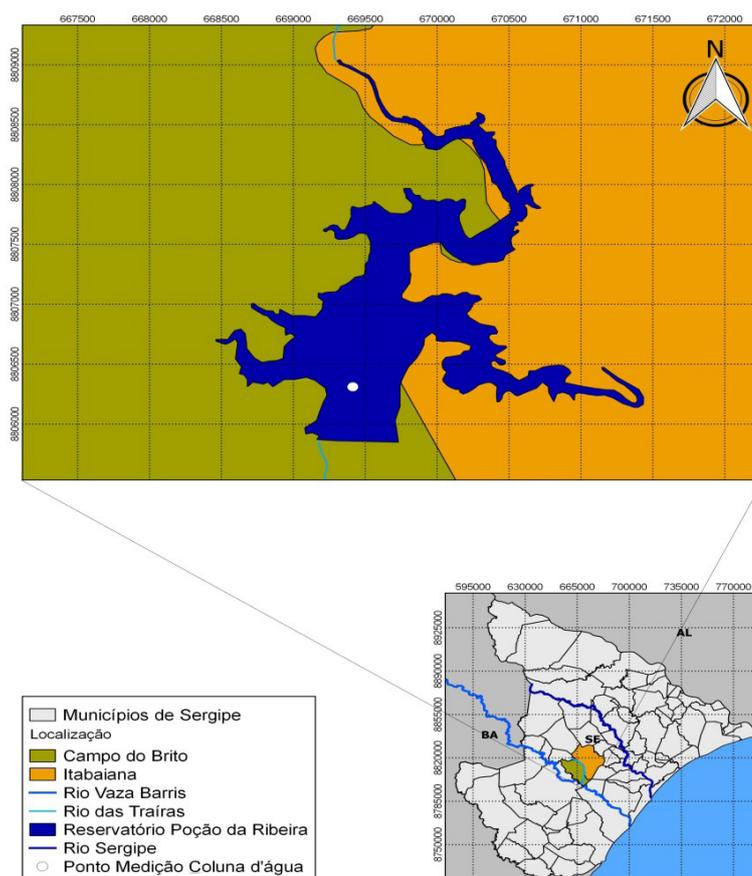


Figura 1 – Localização da área de estudo e georreferenciamento do ponto de amostragem

O reservatório Poção da Ribeira foi originado do barramento do rio Traíras, durante o projeto estadual denominado Chapéu de Coro, com conclusão da obra no ano de 1987 (FERNADES;1991), tendo como propósito original a irrigação das terras agricultáveis do Perímetro Irrigado de mesmo nome, um importante centro produtor de hortaliças do estado de Sergipe. Esse empreendimento é formado por uma barragem de terra, de seção homogênea, assente diretamente sobre rocha sã fraturada, de comprimento 550 m no eixo do coroamento, 150 m no vertedouro, altura 26 m e capacidade de acumulação de 16.500.000 m³ (FERNADES;1991). Atualmente as águas do reservatório também são utilizadas para a piscicultura e abastecimento humano, após tratamento, das comunidades circunvizinhas.

2.2. Amostragem e análises químicas

Amostras de água de superfície foram coletadas nos meses de junho e novembro dos anos 2013 e 2014, em ponto único, localizado nas seguintes coordenadas UTM: Zona 24, 8.806.18 (N) e 669.420 (E), como ilustrado na Figura 1.

As amostras de água superficial foram coletadas, acondicionadas e transportadas ao Laboratório de Química de Água do Instituto Tecnológico e de Pesquisas do Estado de Sergipe (ITPS) de acordo com o *Standard Methods for Examination of the Water and Wastewater* (APHA, 2012). As análises foram realizadas seguindo as metodologias analíticas propostas por APHA (2012) e *United States Environmental Protection Agency* (US EPA, 1986), sendo melhor explicitado na Tabela 1.

Para garantia da qualidade analítica, foram usadas a calibração com padrões, a análise de reagentes em branco e determinações em replicatas. O laboratório também participa regularmente de programas de proficiência e tem acreditação para alguns parâmetros.

2.3. Tratamento dos dados

A matriz de dados obtida das amostras coletadas sazonalmente foi submetida à análise de agrupamento hierárquico pelo método Ward com distância Euclidiana, visando avaliar a similaridade existente entre os diferentes períodos de amostragem. E também à análise multivariada de componentes principais, objetivando a redução do número de variáveis, o que possibilita a identificação das medidas responsáveis pelas maiores variações entre os resultados, sem perda significativa de informações.

Para o uso das ferramentas estatísticas multivariadas foi utilizado o software livre PAST – *Paleontological Statistics*, versão 3.04 (HAMMER *et al*, 2001). Adotando um valor- α de 0,05 como nível crítico para todos os testes, resultando numa confiabilidade de 95%.

Para a avaliação e classificação quanto ao conteúdo iônico das águas foi utilizado o software livre QualiGraf (MÖBÜS, 2014). Programa desenvolvido pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME, voltado para a interpretação gráfica de dados hidroquímicos.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os parâmetros da qualidade da água para as amostras coletadas nos períodos seco e chuvoso são mostrados na Tabela 1. A análise de componentes principais e a análise de agrupamento foram aplicadas a esse conjunto dos dados, com objetivo de obter informações sobre as diferenças entre os períodos seco e chuvoso, sobre as

variáveis envolvidas na discriminação e as fontes que a originaram.

A análise de agrupamento gerou o dendograma mostrado na Figura 2, onde as amostras do período seco e chuvoso foram agrupadas em dois grupos estatisticamente significativos; um grupo contendo as amostras do período chuvoso, CH.13 e CH.14, e outro contendo as amostras do período seco, SE.14 e SE.15. Tal comportamento demonstra a variabilidade sazonal dos parâmetros de qualidade da água e consolida a escolha dos períodos de amostragem baseados na distribuição das chuvas na região.

A técnica de Análise de Componentes Principais (ACP) consiste na aplicação da análise multivariada aos dados originais, considerando cada ponto de amostragem como um objeto e os parâmetros medidos como variáveis. A ACP permite encontrar novas variáveis (componentes principais, CP), que em menor número que as originais podem explicar as variâncias dos dados e simultaneamente reduzir a dimensionalidade do problema.

Parâmetros	Método de Referência	Períodos Amostrais			
		CH. 13	SE. 14	CH. 14	SE. 15
pH	¹ SM 4500 H ⁺ B	7,6	8,1	8,1	8,4
CE ($\mu\text{S.cm}^{-1}$)	SM 2510 B	505,5	870,0	419,8	525,4
Turbidez(uT)	SM 2130 B	14,40	3,70	6,60	6,30
OD ($\text{mg.L}^{-1} \text{O}_2$)	SM 4500 O	4,40	6,06	5,99	8,41
Alcalinidade. ($\text{mg.L}^{-1} \text{CaCO}_3$)	SM 2320 B	90,99	1,69	91,64	126,8
Dureza ($\text{mg.L}^{-1} \text{CaCO}_3$)	SM 2340 B	75,71	103,1	141,2	66,75
DBO ₅ ($\text{mg.L}^{-1} \text{O}_2$)	SM 5210 D	13,10	8,70	13,10	14,20
STD (mg.L^{-1})	SM 2510 A	348,8	487,2	235,1	294,2
Temperatura da Água (°C)	-	22,0	25,5	29,0	29,0
Cor (uH)	SM 2120 C	2,80	2,99	10,20	1,68
Fósforo total (mg.L^{-1})	-	0,46	0,043	0,51	0,02
COD total (mg.L^{-1})	SM 5310 B	13,35	15,71	23,87	13,72
Coliformes (NMP/100mL)	SM 9223 B	92	23	1100,0	350,0
N-NO ₃ ⁻ (mg.L^{-1})	² US EPA 300.7	0,082	0,460	<0,011	0,09
N-NO ₂ ⁻ (mg.L^{-1})	US EPA 300.7	<0,015	0,1200	<0,015	<0,015
NH ₃ (mg.L^{-1})	US EPA 300.7	0,05	<0,039	0,10	<0,047
P-PO ₄ ³⁻ ($\text{mg.L}^{-1} \text{P}$)	US EPA 300.7	<0,033	0,1	<0,016	0,14
Na ⁺ (mg.L^{-1})	US EPA 300.7	47,51	102,84	31,81	140,29
K ⁺ (mg.L^{-1})	US EPA 300.7	5,60	7,41	5,71	4,94
Ca ²⁺ (mg.L^{-1})	US EPA 300.7	12,69	21,54	31,76	11,12
Mg ²⁺ (mg.L^{-1})	US EPA 300.7	10,73	12,02	15,08	9,50
HCO ₃ (mg.L^{-1})	SM 2320 B	90,99	84,57	91,64	119,20
SO ₄ ²⁻ (mg.L^{-1})	US EPA 300.7	8,25	10,95	15,18	17,64

Cl ⁻ (mg.L ⁻¹)	US EPA 300.7	76,13	165,76	80,62	156,58
---------------------------------------	--------------	-------	--------	-------	--------

Tabela 1. Qualidade da água superficial do reservatório Poção da Ribeira, no período estudado, e seus respectivos métodos de referência.

¹Standard Methods for Examination of the Water and Wastewater; ²United States Environmental Protection Agency

A ACP, aplicada ao conjunto dos dados, revelou que as duas primeiras componentes principais (CP1, 77,2 %; CP2, 19,4%) juntas, explicaram 96,6 % da variância total do conjunto dos dados da qualidade da água do reservatório. A primeira componente (CP1) está fortemente associada ao conteúdo iônico da água (peso > 0,59), principalmente aos íons Na⁺ e Cl⁻, enquanto que a segunda componente (CP2) mostrou uma forte correlação positiva apenas com a concentração dos coliformes termotolerantes.

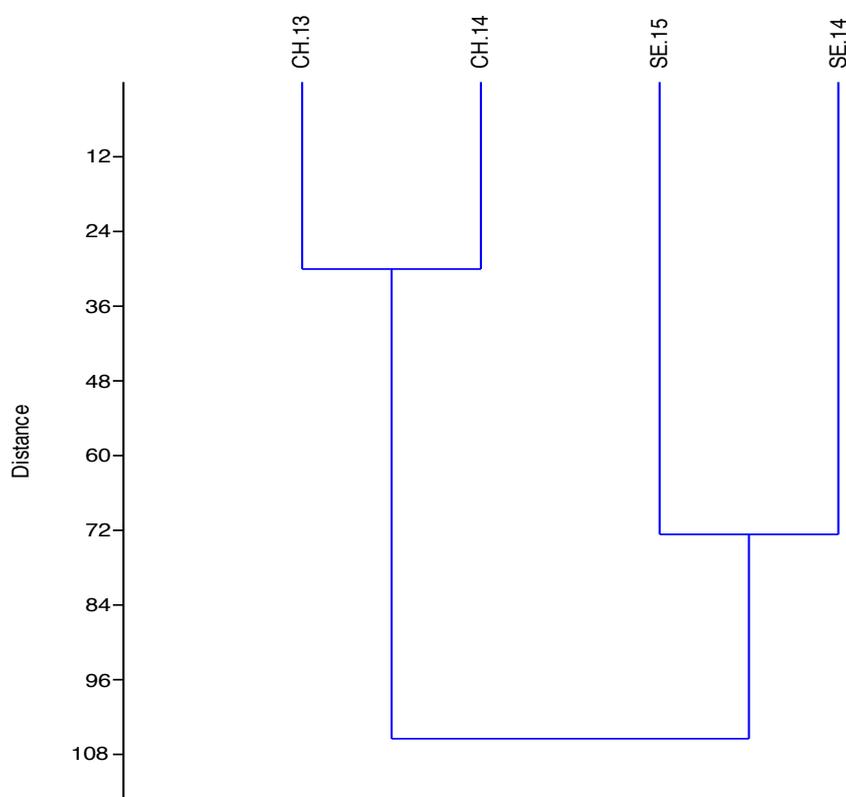


Figura 2 – Agrupamento hierárquico (método de Ward com distância Euclidiana), da qualidade da água para o reservatório Poção da Ribeira.

Na Figura 3 está representado um plano cartesiano formado pelas componentes CP1 e CP2 onde pode ser visualizada a influência de cada uma dessas componentes na variabilidade da qualidade da água nos diferentes períodos de coleta, demonstrando as similaridades e diferenças existentes entre eles. A componente principal CP2 discriminou a qualidade da água entre os períodos seco e chuvoso e evidenciou que a

variação sazonal foi causada principalmente, pela maior concentração dos coliformes termotolerantes no período chuvoso. A primeira componente principal (CP1) mostrou que existe uma diferença significativa entre a qualidade da água nas amostras coletadas no período seco, e essa diferença está associadas às maiores concentrações dos íons Na^+ e Cl^- no período seco de 2014 (SE.14).

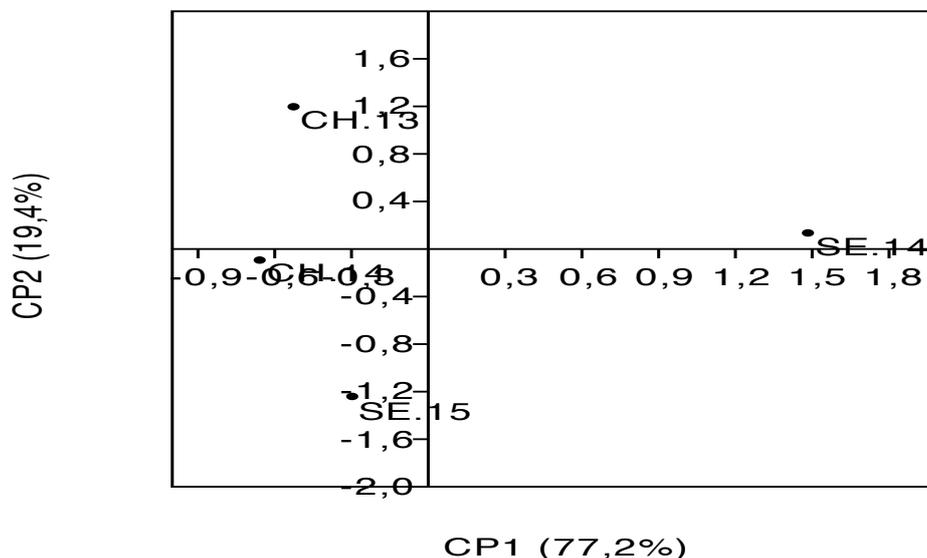


Figura 3 – Plano cartesiano das componentes CP1 e CP2 para a qualidade da água do reservatório Poço da Ribeira, nos períodos seco (SE) e chuvoso (CH). A água do reservatório apresentou predominância do íon Cl^- , dentre os ân

ions, e do íon Na^+ , dentre os cátions, para a maioria dos períodos amostrais (Figura 4). Com base no balanço iônico é possível classificar a água como cloretada sódica nos períodos seco (SE.13, SE.14) e chuvoso CH.13. No período chuvoso CH.14 os íons Na^+ e Ca^{2+} apresentaram percentagem próximas, e nesse caso, a água pode ser classificada como cloretada mista.

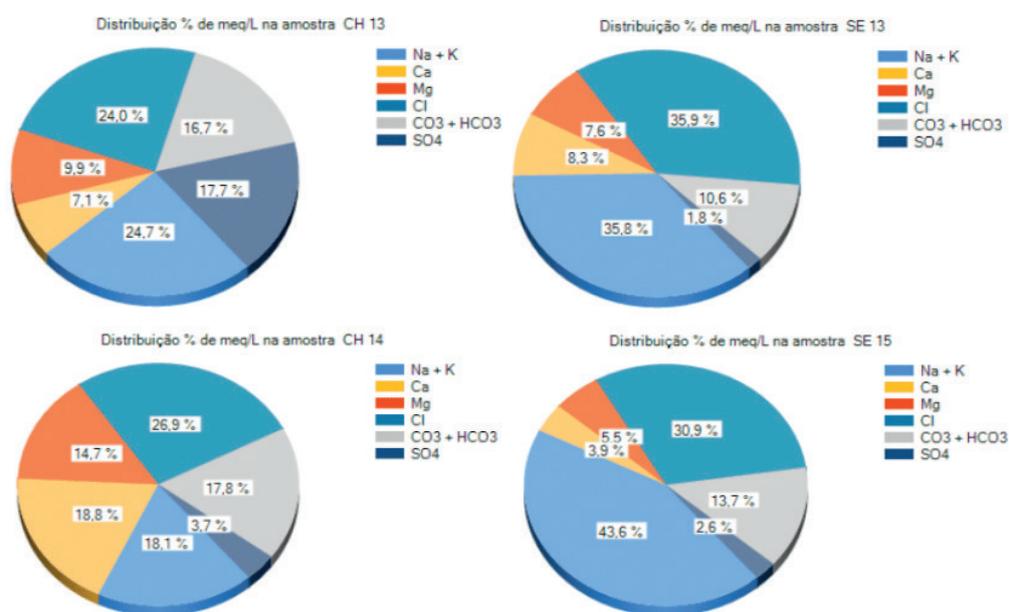


Figura 4 – Balanço iônico (% meq L⁻¹) da água do reservatório Poço da Ribeira, para o período estudado

4 | CONCLUSÕES

As técnicas estatísticas multivariadas mostraram-se adequadas, para avaliação da qualidade das amostras da água de superfície do reservatório Poção da Ribeira, coletadas nos períodos chuvoso e seco, compreendidos no intervalo temporal de junho de 2013 a novembro de 2014.

A Análise de Componentes Principais e de Agrupamento demonstraram a variabilidade sazonal da qualidade da água do reservatório, associada a uma maior concentração de coliformes termotolerantes no período chuvoso. Isso evidencia a contaminação da água no período chuvoso, por fontes difusas, relacionadas ao escoamento superficial pela ação das chuvas.

A água do reservatório apresentou predominância de Cl⁻, dentre os ânions e de Na⁺, dentre os cátions, para a maioria dos períodos amostrais. Esses íons foram responsáveis pela separação estatística das amostras coletadas no período seco.

5 | AGRADECIMENTOS

Ao projeto “Monitoramento de Mananciais Superficiais e Reservatórios do Estado de Sergipe”, Convênio nº 001/2012 entre a Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado de Sergipe (SEMARH) e o Instituto Tecnológico e de Pesquisas de Sergipe (ITPS).

REFERÊNCIAS

APHA, **Standard Methods for Examination of Water and Wastewater**. America Public Health Association Washington – DC, 2012.

Fernandes C. E. M. **Desempenho da barragem Poção da Ribeira face aos abalos sísmicos oriundos de uma pedreira próxima em exploração**. In: Anais do XIX Seminário Nacional de Grandes Barragens, p. 35-42, Aracaju – SE, 1991.

HAMMER, O.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. **Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis – PAST**. Paleontologia Electronica, v. 4. n. 1. 2001.

HUANG, T.; LI, X.; RIJNAARTS, H.; GROTENHUIS, T.; MA, W.; SUN, X.; XU, J. **Effects of storm runoff on the thermal regime and water quality of a deep, stratified reservoir in a temperate monsoon zone, in Northwest China**. Science of the Total Environment, v. 485–486, p. 820–827, 2014.

MÖBÜS, G. **QUALIGRAF. Programa para análises da qualidade da água**. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME, Fortaleza – CE, 2014. Disponível em <http://www.funceme.br/qualigraf/>. Acesso em: mar. 2015.

QADIR, A., MALIK, R.N., HUSAIN, S.Z. **Spatio-temporal variations in water quality of Nullah Aik-tributary of the river Chenab, Pakistan**. Environmental Monitoring and Assessment, v. 140, p. 43–59, 2007.

RIJSBERMAN, F.R. **Water scarcity: Fact or fiction?** *Agricultural Water Management*, v. 80, p. 5–22, 2006.

SINGH, K.P., MALIK, A., MOHAN, D., SINHA, S. (2004). **Multivariate statistical techniques for the evaluation of spatial and temporal variations in water quality of Gomti River (India): a case study.** *Water Research*, v. 3, p. 3980–3992, 2004.

SINGH, K.P., MALIK, A., SINHA, S. **Water quality assessment and apportionment of pollution sources of Gomti River (India) using multivariate statistical techniques: a case study.** *Analytica Chimica Acta*, v. 538, p. 355–374, 2005.

SHRESTHA, S., KAZAMA, F. **Assessment of surface water quality using multivariate statistical techniques: a case study of the Fuji River basin, Japan.** *Environmental Modelling and Software*, v. 22, p. 464–475, 2007.

US EPA – United States Environmental Protection Agency. Ptaff F. **Method 300.7: Disolved Sodium, Amonium, Potassium, Magnesium, and Calcium in Wet Deposition by Chemical Supressed Ion Chromatography**, Cincinnati – OH, 1986.

VAROL, M., ŞEN, B. **Assessment of surface water quality using multivariate statistical techniques: a case study of Behrimaz Stream, Turkey.** *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 159, p. 543–553, 2009.

VAROL, M; GÖKOT, B.; BEKLEYEN A.; ŞEN, B. **Spatial and temporal variations in surface water quality of the dam reservoirs in the Tigris River basin, Turkey.** *Catena*, v. 92, p. 11-21, 2012.

VOROSMARTY, C.J., GREEN, P., Salisbury, J., LAMMERS, R.B. **Global water resources: vulnerability from climate change and population growth.** *Science*, v. 289, p. 284–288, 2000.

WALLACE, J.S., GREGORY, P.J. **Water resources and their use in food production.** *Aquat. Sci.*, v. 64, p. 363–375, 2002.

WALLACE, J.S. **Increasing agricultural water efficiency to meet future food production.** *Agric. Ecosyst. Environ.*, v. 82, p. 105–119, 2000.

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE ÁGUAS PLUVIAIS LANÇADAS POR BACIAS DE DETENÇÃO EM CORPOS HÍDRICOS NO DISTRITO FEDERAL, DF – BRASIL

Carolinne Isabella Dias Gomes

Agência Reguladora de Águas e Saneamento do
Distrito Federal - Adasa
Brasília – DF

RESUMO: Este trabalho teve por objetivo avaliar o funcionamento de bacias de retenção por meio da análise da qualidade da água lançada por estes dispositivos em corpos hídricos no Distrito Federal. Foram coletadas amostras de água à montante da estrutura de chegada de 8 (oito) bacias de retenção, e no ponto de lançamento final das referidas bacias em um corpo hídrico receptor. As análises dos parâmetros escolhidos foram realizadas por laboratório certificado contratado pela Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal – Adasa e os resultados encontrados foram comparados entre si (montante e jusante) e, no ponto de lançamento, analisados conforme os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005. As características de qualidade de água da chuva foram avaliadas através dos seguintes parâmetros: condutividade, cor aparente, DBO5, DQO, Fósforo total, Nitrato, Nitrogênio amoniacal, Óleos e graxas, Sólidos dissolvidos totais, sólidos suspensos totais, sólidos totais, Turbidez, Coliformes termotolerantes e pH. A análise dos dados

aponta para a importância de manutenção periódica e adequação dessas estruturas a técnicas de drenagem urbana moderna, para que essas atinjam as suas funções primordiais de controle de qualidade e quantidade de água pluvial a ser lançada em corpos hídricos receptores.

PALAVRAS-CHAVE: águas pluviais; manejo de águas pluviais; bacias de retenção.

ABSTRACT: This paper aimed to assess the functioning of detention reservoirs by analyzing water quality released by devices in water bodies in the Federal District, Brazil. Water samples from the beginning to the final release point were collected from 12 (twelve) detention reservoirs to in a water body receptor. Default parameters were analyzed by a certified laboratory hired by the Water, Energy and Sanitation Regulatory Agency, in Federal District – Adasa and the results from upstream and downstream samples were compared with each other, as well as with the launching point. Analysis was made following the limits established by CONAMA Resolution No. 357/2005. Rainwater quality characteristics were evaluated by the following parameters: conductivity; eye-visible color; BOD5; COD; phosphorus, nitrate, ammoniac nitrogen total content; oils and grease presence, dissolved solids total, suspended solids total, solids total, turbidity, coliforms thermotolerants and pH.

Data analysis points to the importance of periodic maintenance and adaptation of these structures to modern urban drainage techniques in order for them to reach their primary functions of quantity and quality control of rainwater to be launched in receiving water bodies.

KEYWORDS: stormwater; stormwater management; detention reservoirs.

1 | INTRODUÇÃO

O desenvolvimento urbano acelerado no Brasil e a consequente impermeabilização dos solos devido ao seu uso e ocupação irregulares produz impactos importantes na infraestrutura hídrica das cidades, segundo Tucci (2007). À medida que a urbanização avança, há progressiva deterioração da qualidade dos rios, através do aumento de vazões máximas em até sete vezes conforme Leopold (1968) em Tucci e Collishownn (2000) devido a um aumento da capacidade de escoamento por conta da impermeabilização de superfícies; a elevação da produção de sedimentos por conta erosão e dos resíduos sólidos; e alteração da qualidade da água, devido à lavagem de ruas, transporte de material sólido e ligações clandestinas de esgoto às redes de água pluvial, de acordo com Tucci e Collishownn (2000).

Ao atingir as redes de macrodrenagem, os sedimentos podem depositar-se, reduzindo a capacidade de escoamento de cheias dos canais e as inundações se tornam mais frequentes, como informado por Tucci e Collishownn (2000). Além do aumento de ocorrência de inundações, a redução da capacidade dos condutos também se mostra um problema financeiro, já que sua limpeza requer altos custos.

Esses sedimentos também podem ser transportados, através de estruturas de macrodrenagem, para corpos hídricos receptores. O transporte de sedimentos para corpos hídricos traz consigo carga de poluentes agregados. A associação de poluentes tóxicos e material fino, que são lançados por redes de macrodrenagem em corpos receptores, reduzem qualidade de água.

Resíduos sólidos despejados em vias públicas, durante as chuvas, acabam por se acumular em redes de drenagem urbana, prejudicando seu funcionamento hidráulico. Uma vez no sistema de macrodrenagem, estes resíduos também são transportados pelos condutos até rios, lagos e estuários, conforme Tucci (2007).

Da mesma forma, as interligações clandestinas de esgoto em condutos de macrodrenagem provocam degradação de redes pluviais e são fontes de poluição hídrica. A legislação estabelece o sistema separador, mas na prática isso não ocorre devido a essas ligações irregulares e à falta de rede de esgotos, segundo Tucci (2007).

Entre as estruturas que visam amortecer esses impactos das águas pluviais em corpos hídricos incluem-se tanques, lagos, e reservatórios a céu aberto ou enterrados. Estas medidas são denominadas controle de água a jusante. Além de prevenir inundações em condutos pluviais, estas estruturas amortecem o impacto de grandes

vazões em corpos receptores e fazem o controle de sedimentos.

Este tipo de controle possui menores custos de operação e manutenção, além de facilidade de administração. Porém, há dificuldade em se encontrar locais adequados, e o custo de aquisição de áreas apropriadas é muito alto. Reservatórios de grandes dimensões sofrem oposição por parte da população.

Os reservatórios ou bacias podem ser de retenção, dimensionados para manter uma lâmina permanente de água; ou de detenção, utilizados para amortecimento de vazão em picos de cheia e depois destinados a outros fins. Os reservatórios de detenção são os mais utilizados nos Estados Unidos, Canadá e Austrália. Se a detenção se estende por 24-60 horas, há melhora significativa na remoção de contaminantes, de acordo com Tucci (2007). Em Brasília, todos os reservatórios da concessionária prestadora do serviço público de drenagem urbana são do tipo detenção.

Dada a importância das bacias de detenção para o amortecimento de impacto de cheias e controle de poluição lançada em corpos hídricos, este trabalho teve por objetivo avaliar o funcionamento das bacias de detenção através da análise da qualidade da água lançada por estes dispositivos em corpos hídricos no Distrito Federal.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

Foram coletadas amostras de água à montante da estrutura de chegada de 8 (oito) bacias de detenção, e no ponto de lançamento final das referidas bacias em um corpo hídrico receptor. As análises dos parâmetros escolhidos foram realizadas por laboratório contratado pela Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal – Adasa e os resultados encontrados foram comparados entre si (montante e jusante) e, no ponto de lançamento, analisados conforme os limites estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes.

Para este estudo foram escolhidas bacias pertencentes somente à concessionária e que ainda não se adequaram à Resolução nº 09/2011 da Adasa, que estabelece procedimentos gerais para requerimento e obtenção de outorga do direito de uso dos recursos hídricos para lançamento de águas pluviais em corpos de água de domínio do Distrito Federal e em corpos de água delegados pela União e Estados.

As características de qualidade de água da chuva foram avaliadas através dos seguintes parâmetros: condutividade, cor aparente, DBO₅, DQO, Fósforo total, Nitrato, Nitrogênio amoniacal, Óleos e graxas, Sólidos dissolvidos totais, sólidos suspensos totais, sólidos totais, Turbidez, Coliformes termotolerantes e pH.

3 | RESULTADOS

Para análise dos gráficos, todos os valores encontrados menores que o limite detectável foram representados pelo número zero.

A totalidade dos conjuntos de detenção não apresentou diferenças significativas entre os valores encontrados à montante (estrutura de chegada da rede de macrodrenagem) e à jusante (no lançamento). Porém, nos pontos de lançamento, sete dos oito conjuntos apresentaram valores em desacordo com a Resolução CONAMA nº 357/2005, como visto a seguir.

O conjunto de detenção, composto por uma bacia, situado à Região Administrativa Recanto das Emas, DF (Figura 1) apresentou, à jusante, valores acima do permitido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para DBO 5 dias, Fósforo total e coliformes termotolerantes.

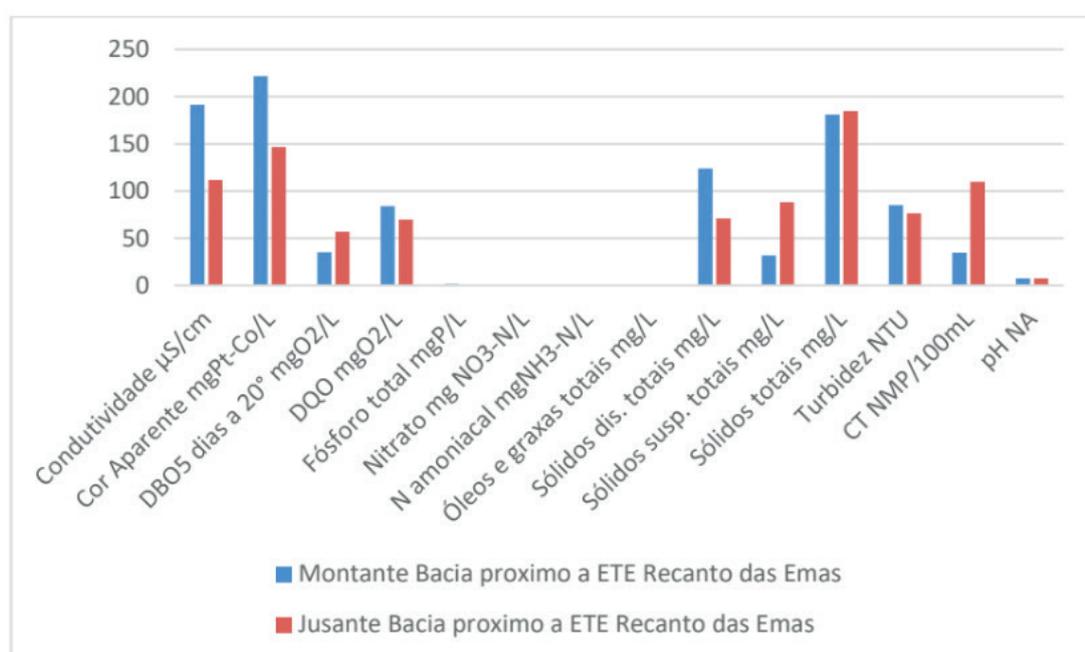


Figura 1. Parâmetros de qualidade de água à montante e à jusante do conjunto de bacias de detenção da RA – Recanto das Emas, DF. Observação: Os valores encontrados para coliformes tiveram sua grandeza reduzida 1000 vezes para adequação ao gráfico.

O conjunto de detenção, composto por uma bacia, situado à Região Administrativa Cruzeiro (Figura 2), não apresentou, no lançamento, valores acima do permitido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 em nenhum dos parâmetros.

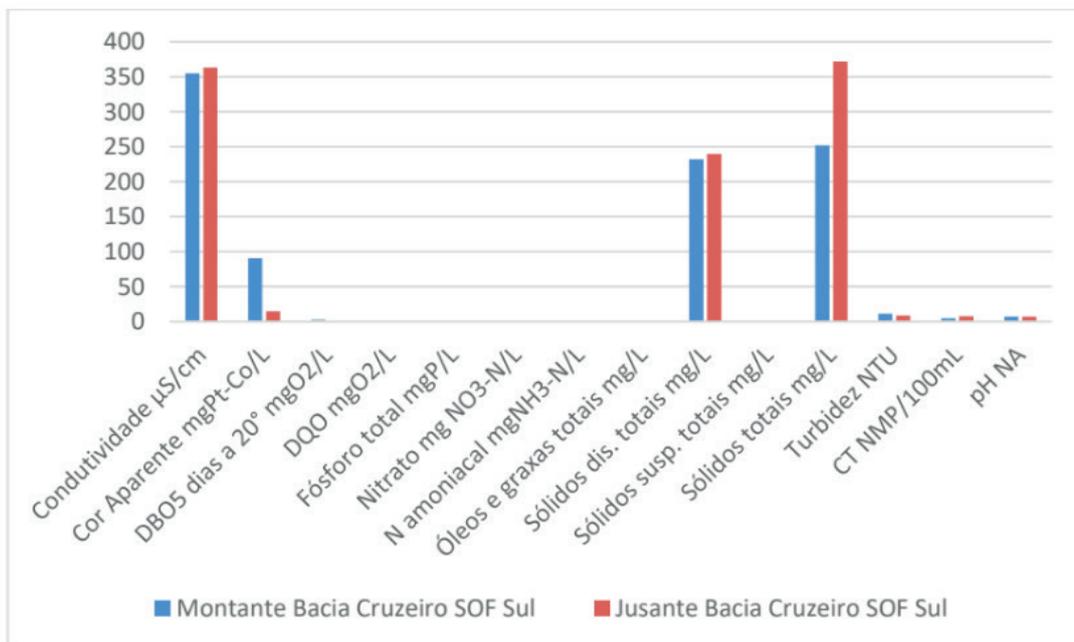


Figura 2. Parâmetros de qualidade de água à montante e à jusante do conjunto de bacias de detenção da RA – Cruzeiro, DF. Observação: Os valores encontrados para coliformes tiveram sua grandeza reduzida 10 vezes para adequação ao gráfico.

O conjunto de detenção, composto por duas bacias, situado à Quadra 303 na Região Administrativa Recanto das Emas (Figura 3), DF, à jusante no lançamento, apresentou valores acima do permitido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para DBO 5 dias, Fósforo total, Turbidez e Coliformes termotolerantes.

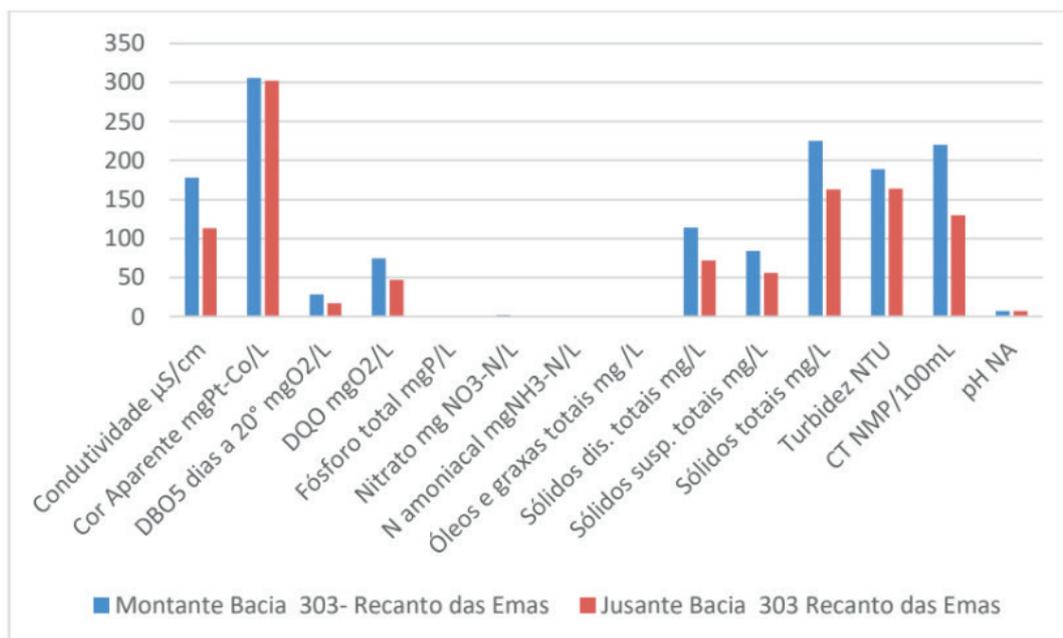


Figura 3. Parâmetros de qualidade de água à montante e à jusante do conjunto de bacias de detenção da Quadra 303 RA – Recanto das Emas, DF. Observação: Os valores encontrados para coliformes tiveram sua grandeza reduzida 10 vezes para adequação ao gráfico.

O conjunto de detenção, composto por uma bacia, situado à região do INCRA 08 na Região Administrativa de Brazlândia, DF (Figura 4), à jusante no lançamento,

apresentou valores acima do permitido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para DBO 5 dias e Coliformes termotolerantes.

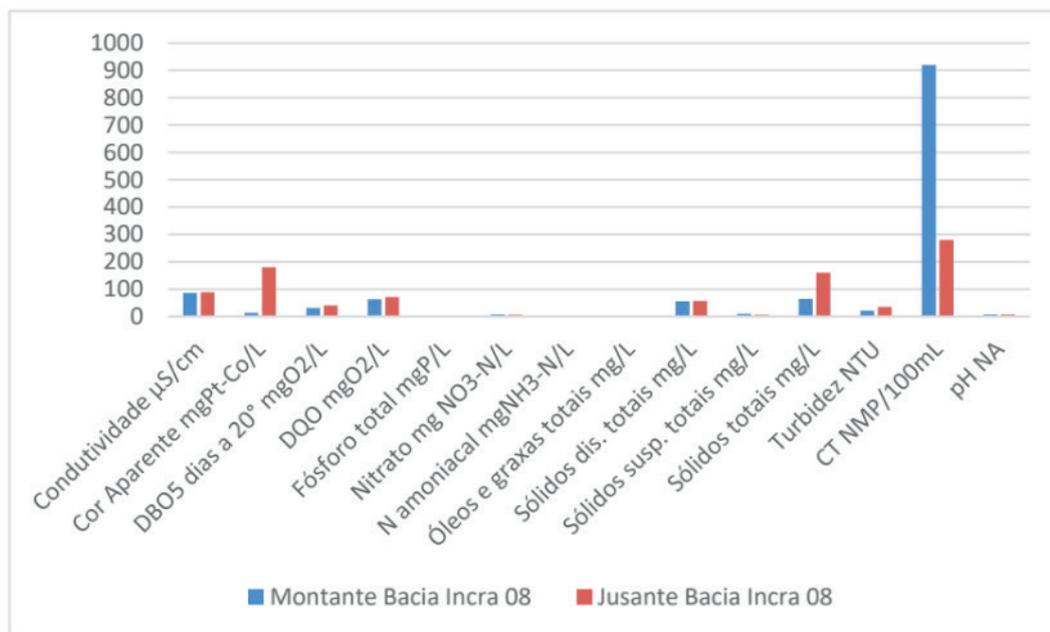


Figura 4. Parâmetros de qualidade de água à montante e à jusante do conjunto de bacias de detenção da RA – Brazlândia, DF. Observação: Os valores encontrados para coliformes tiveram sua grandeza reduzida 10 vezes para adequação ao gráfico.

O conjunto de detenção, composto por quatro bacias, situado à região da Área de Desenvolvimento Econômico – ADE na Região Administrativa de Ceilândia, DF (Figura 5), apresentou resultados para DBO 5 dias à jusante do lançamento acima dos permitidos pela Resolução CONAMA nº 357/2005.

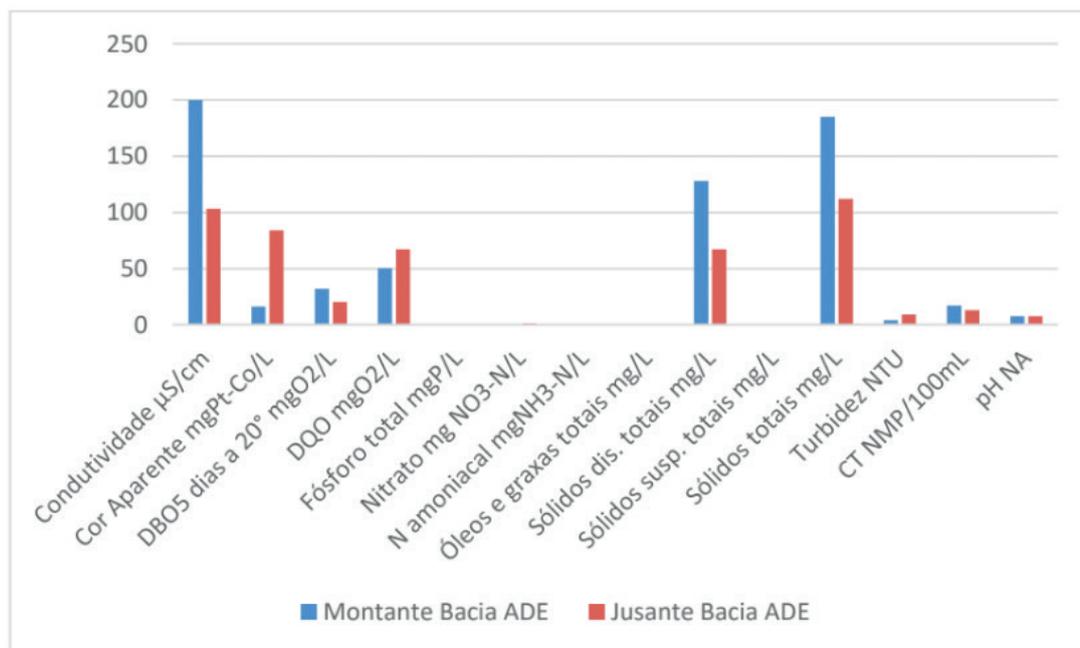


Figura 5. Parâmetros de qualidade de água à montante e à jusante do conjunto de bacias de detenção da ADE RA – Ceilândia, DF. Observação: Os valores encontrados para coliformes tiveram sua grandeza reduzida 10 vezes para adequação ao gráfico.

O conjunto de detenção, composto por cinco bacias, situado no Setor O na Região Administrativa de Ceilândia, DF (Figura 6), à jusante no lançamento, apresentou valores acima do permitido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para DBO 5 dias e Fósforo total.

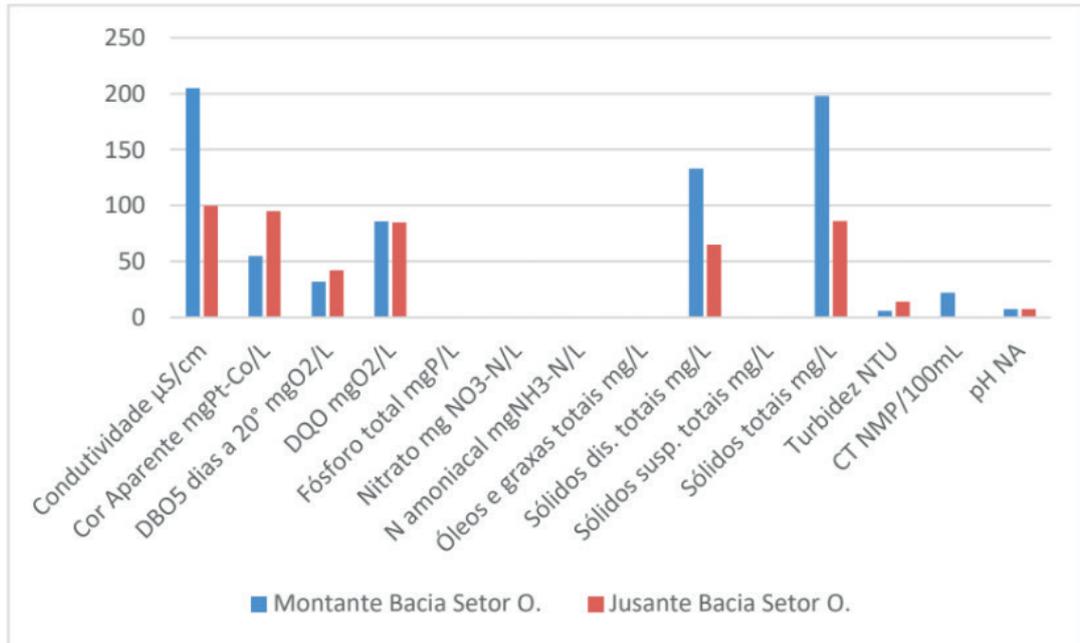


Figura 6. Parâmetros de qualidade de água à montante e à jusante do conjunto de bacias de detenção do Setor O RA – Ceilândia, DF. Observação: Os valores encontrados para coliformes tiveram sua grandeza reduzida 10 vezes para adequação ao gráfico.

O conjunto de detenção, composto por sete bacias, situado na Região Administrativa de Samambaia, DF (Figura 7) à jusante no lançamento, apresentou valores acima do permitido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para DBO 5 dias.

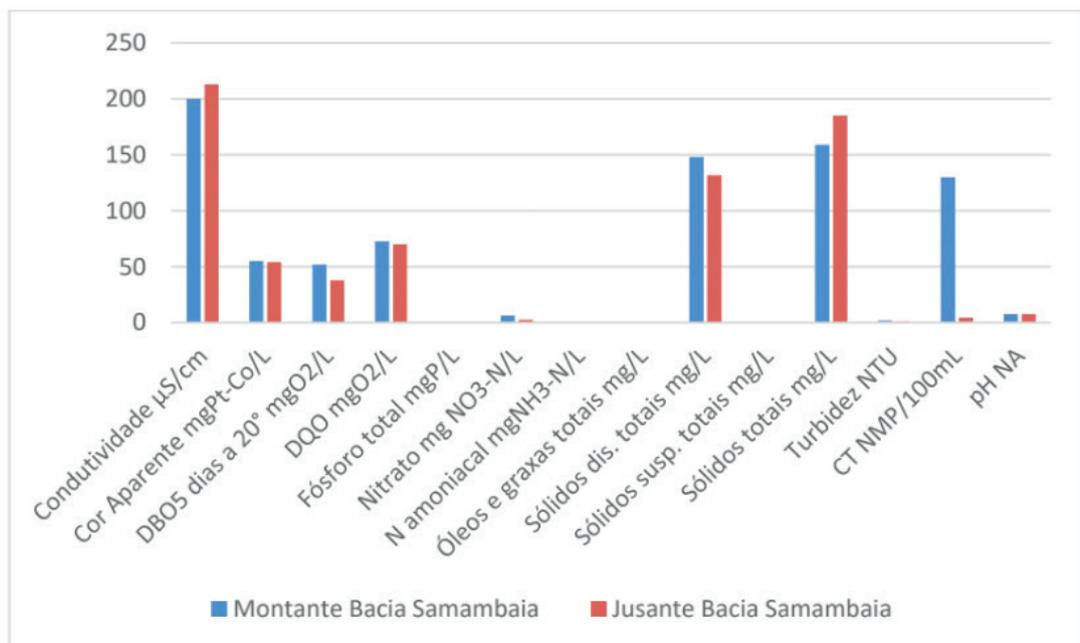


Figura 7. Parâmetros de qualidade de água à montante e à jusante do conjunto de bacias de detenção da RA – Samambaia, DF. Observação: Os valores encontrados para coliformes tiveram sua grandeza reduzida 10 vezes para adequação ao gráfico.

O conjunto de detenção, composto por uma bacia, situado na Região Administrativa de Santa Maria, DF (Figura 8) à jusante no lançamento, apresentou valores acima do permitido pela Resolução CONAMA nº 357/2005 para DBO 5 dias e Fósforo total.

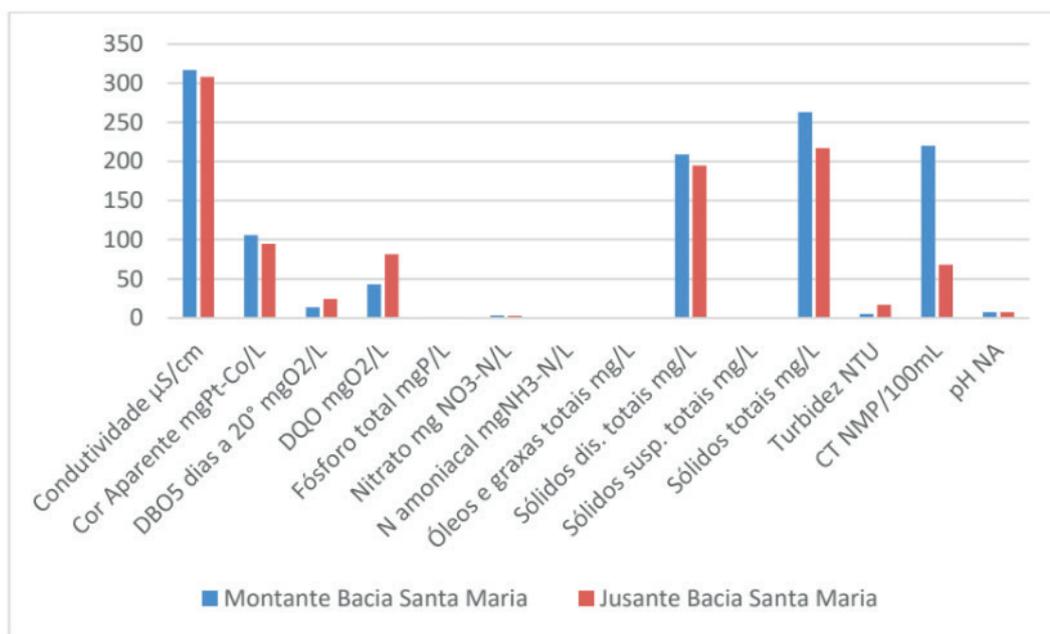


Figura 8. Parâmetros de qualidade de água à montante e à jusante do conjunto de bacias de detenção da RA – Santa Maria, DF. Observação: Os valores encontrados para coliformes tiveram sua grandeza reduzida 1000 vezes para adequação ao gráfico.

4 | DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

A ADASA tem como uma de suas competências a fiscalização da prestação dos serviços públicos de saneamento no Distrito Federal, dentre eles a Drenagem Urbana. As atividades da Coordenação de Fiscalização da Superintendência de Drenagem Urbana da ADASA incluem vistorias à infraestrutura de drenagem urbana pertencente à concessionária; apuração de denúncias de lançamentos indevidos de efluentes em redes de águas urbanas; e análise da qualidade dos lançamentos de bacias de detenção em corpos hídricos no Distrito Federal.

Dos oito conjuntos de detenção analisados neste trabalho, sete apresentaram alguns dos parâmetros em desacordo com o preconizado pela Resolução CONAMA nº 357/2005. Ainda, todos os conjuntos de bacias não apresentaram diferença significativa entre os valores encontrados à montante (estrutura de chegada) e à jusante (lançamento no corpo hídrico receptor), o que pode indicar que estas bacias não estejam funcionando a contento.

Os resultados apresentados neste artigo corroboram o verificado pela Coordenação de Fiscalização, através de visitas semestrais que realiza a todos os conjuntos de detenção no DF, de que há a necessidade de manutenção periódica destas estruturas por parte da concessionária.

Ainda, como medida preventiva e com o objetivo de contribuir para a melhoria da gestão das águas urbanas no Distrito Federal e da manutenção da qualidade e

quantidade dos corpos hídricos do DF, a ADASA publicou a Resolução nº 09, de 08 de abril de 2011, que estabelece procedimentos gerais para requerimento e obtenção de outorga do direito de uso dos recursos hídricos para lançamento de águas pluviais em corpos de água de domínio do Distrito Federal e em corpos de água delegados pela União e Estados.

A Resolução nº 09, baseada em técnicas de drenagem contemporânea e posterior à implantação destas bacias analisadas, implantadas há aproximadamente quarenta anos, instituiu a necessidade de detenção e retenção do volume de escoamento gerado por empreendimentos novos e antigos em bacias. Essas bacias possuem papel no controle do impacto de volumes em alta velocidade nos corpos hídricos, além de realizarem detenção de sedimentos e resíduos.

A Resolução também incentiva a ideia de controle desses volumes escoados gerados na fonte, por meio da adoção de alternativas de construção que facilitem a infiltração da água da chuva nos próprios terrenos e abre espaço para outras alternativas técnicas que sejam inovadoras na redução dos volumes.

Portanto os resultados, ainda que modestos, apontam para a importância de manutenção periódica e adequação dessas estruturas a técnicas de drenagem urbana mais recentes, para que essas atinjam as suas funções primordiais de controle de qualidade e quantidade de água pluvial a ser lançada em corpos hídricos receptores.

REFERÊNCIAS

TUCCI, C.E.M., COLLISHONN, W. (2000). **Drenagem urbana e controle de erosão**. In Tucci, C.E.M. e Marques, D.M.L.M. (2000). Avaliação e controle da drenagem urbana – Porto Alegre: Ed. Universidade, pp. 119 – 127. 2000.

TUCCI, C.E.M. (2007). **Gestión de Inundaciones Urbanas**. Evangraf Porto Alegre-RS, 288 p.

AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE EFLUENTES DE AGROINDÚSTRIAS DA REGIÃO CELEIRO DO RS

Marieli da Silva Marques

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha Campus Santo Augusto, Santo Augusto-RS

RESUMO: A agroindústria pode ser considerada como uma importante fonte de inclusão social, podendo contribuir para a melhoria da qualidade de vida do homem do campo, para a geração de empregos, agregação de valor aos produtos agrícolas e conseqüentemente diminuir o exôdo rural. Por outro lado, surgem algumas situações quanto aos resíduos gerados pelo processo de beneficiamento das matérias primas tais como: qualidade da água, tratamento e lançamento de efluentes e disposição de resíduos sólidos. Este fato gera impactos relevantes no meio ambiente, como contaminação dos recursos hídricos e problemas derivados dos efluentes. Este trabalho apresenta os resultados das análises físico-químicas dos seguintes parâmetros: pH, turbidez, temperatura, oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e resíduos totais, dos efluentes líquidos de uma queijaria e um abatedouro de frango caipira. Ao visitar algumas agroindústrias familiares da região Celeiro, constatou-se que há preocupação quanto à questão ambiental. Porém, há desconhecimento quanto de tecnologias limpas como a reutilização de água

e tratamento de efluentes. Embora a Resolução nº 357 Conselho Nacional do Meio Ambiente (2005) determine que os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados direta ou indiretamente nos corpos de água após o devido tratamento, desde que obedeçam às condições, padrões e exigências contidos nesta e em outras normas aplicáveis, verificou-se que efetivamente esse acompanhamento não é feito.

PALAVRAS-CHAVE: efluentes, agroindústrias, físico-químicos.

ABSTRACT: The agroindustry can be considered as an important source of social inclusion, contributing to the improvement of the quality of life of the rural man, to the generation of jobs, adding value to agricultural products and, consequently, reducing rural exodus. On the other hand, some situations arise regarding the waste generated by the raw material processing process, such as: water quality, effluent treatment and disposal, and solid waste disposal. This fact generates significant impacts on the environment, such as contamination of water resources and problems arising from effluents. This work presents the results of the physico-chemical analysis of the following parameters: pH, turbidity, temperature, dissolved oxygen (OD), biochemical oxygen demand (BOD) and total residues, liquid effluents from a cheese

factory and a slaughterhouse. When visiting some family agroindustries of the Barn region, it was verified that there is concern about the environmental issue. However, there is a lack of knowledge about clean technologies such as water reuse and effluent treatment. Although Resolution 357 National Environmental Council (2005) determines that effluents from any source of pollution can only be released directly or indirectly into bodies of water after due treatment, provided they comply with the conditions, standards and requirements contained therein and other applicable standards, it has been found that such monitoring is effectively not done.

KEYWORDS: effluents, agroindustries, physical- chemical.

1 | INTRODUÇÃO

A Região Celeiro situada no Vale do Rio Turvo é composta em sua maioria por municípios que integram a Região Noroeste Colonial do Rio Grande do Sul (21 municípios).

Em decorrência de a região ter se especializado na produção de grãos na década de 70 a 90, a estrutura produtiva pautou-se pela exportação da matéria-prima, acarretando no precário beneficiamento e, conseqüentemente, pouca agregação de valor ao produto. A agregação de valor às matérias primas de origem agrícola através da transformação por agroindústrias familiares pode ser uma alternativa para a manutenção do homem no campo. Dessa forma, a agroindústria de base familiar pode ser considerada como uma importante fonte de inclusão social, podendo contribuir para a melhoria da qualidade de vida do homem do campo, para a geração de empregos, bem como para a agregação de valor aos produtos agrícolas através da transformação artesanal destes.

Em geral, as atividades de agroindústria familiar são importantes empregadoras de mão- de-obra não qualificada e servem para valorizar o trabalho doméstico. Além disso, as agroindústrias familiares promovem o envolvimento de jovens rurais, permitindo-lhes assim permanecerem no campo, aumentando suas rendas bem como de suas famílias.

Contudo, ao mesmo tempo em que as agroindústrias contribuem para a melhoria da situação econômica do produtor rural, surgem algumas situações quanto aos resíduos gerados pelo processo de beneficiamento das matérias primas. Carências na análise global de aspectos de infraestrutura e fatores como: água; tratamento e lançamento de efluentes e; disposição de resíduos sólidos frequentemente são negligenciados. Este fato gera impactos relevantes no meio ambiente, que nem sempre tem condições de suporte natural para absorver as incidências causadas. Os principais impactos estão relacionados com o uso da água, contaminação dos recursos hídricos (NASCIMENTO *et al*, 2007) e problemas derivados dos efluentes, cuja única destinação adequada é o lançamento na rede pública de coleta de esgotos para tratamento, que geralmente

não existe na área rural ou semirural (BANCO DO NORDESTE, 1999, BRASIL, 1981). Efluentes são “águas residuárias industriais” quando têm origem na indústria ou “esgotos sanitários” a partir da atividade humana. Dentro deste conceito, os efluentes agroindustriais se classificam na primeira origem. A Environmental Protection Agency (EPA) revelou que cerca de 10% do total de efluentes tem origem industrial. Neste campo, a agroindústria é responsável por boa parte dos dejetos. A quantidade e a concentração dos despejos variam amplamente dependendo dos processos de fabricação empregados e dos métodos de controle dos efluentes (Braile e Cavalcanti, 1993).

O objetivo geral da pesquisa foi caracterizar efluentes líquidos dos processos de 02 agroindústrias: uma queijaria e um abatedouro de frango caipira, através da análise dos seguintes parâmetros: pH, turbidez, temperatura, oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e resíduos totais.

Além disso, espera-se a utilização destas informações em aulas dos cursos técnicos e superiores de tecnologia para exemplificar as metodologias adotadas em processos de monitoramento da qualidade das águas e tratamento de efluentes.

2 | METODOLOGIA

2.1 Coleta

A amostragem dos efluentes dos processos das agroindústrias foram realizadas na primeira quinzena do mês de dezembro de 2016.

Os processos e respectivos locais de amostragem foram:

- a) Queijaria: Limpeza geral após o processamento do leite.
- b) Abatedouro de frangos: Limpeza geral após o abate de aves.

Após o procedimento de coleta, as amostras foram mantidas sob refrigeração e foram transportadas até os Laboratórios do Instituto Federal Farroupilha – Campus Santo Augusto para imediata análise dos parâmetros físico-químicos.

2.2 Análises físico-químicas

Os parâmetros físicos e químicos analisados: pH; Temperatura (°C); Oxigênio Dissolvido (OD); Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO); Turbidez (NTU); e Resíduos Totais (RT).

- a) pH - As análises de pH foram feitas eletronicamente com peagâmetro digital.
- b) Temperatura - A temperatura das amostras foi verificada juntamente com a medição de oxigênio dissolvido, através do termômetro junto do oxímetro portátil.
- c) OD - A medição de oxigênio dissolvido no efluente foi realizada com um oxímetro digital portátil em amostras diluídas em 10^{-1} devido a alta concentração de

matéria orgânica presente nos efluentes.

d) DBO - A DBO do efluente foi determinada com a medição de oxigênio dissolvido (OD) no dia da coleta das amostras chamada t(0) e após 5 dias t(5) da amostra mantida em frasco fechado e incubada a 20°C, medindo-se a nova concentração de OD.

Determinando-se a DBO através do cálculo:

$$DBO = OD_t(0) - OD(5)$$

Todas as amostras foram diluídas em 10⁻¹ em água destilada.

d) Turbidez - Foi verificada logo após a coleta das amostras através do aparelho turbidímetro.

e) Resíduos Totais - O resíduo total é dado pela fórmula: $RT (g/L) = ((P2 - P1) \times 1000) / V$

Onde: P1= peso, em gramas da cápsula limpa; P2= peso, em gramas da cápsula + resíduo seco (após secagem de 30 minutos em estufa à 105°C; V= volume, em mL da tomada de ensaio, neste caso 100 mL.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Agroindústrias tendem a produzir algum tipo de efluente líquido. Estes efluentes quase sempre são gerados na lavagem das instalações industriais, mas também podem ser originados durante seus processos. A destinação final dos efluentes, tanto aqueles que recebem tratamento quanto os efluentes “*in natura*” são fossas e sumidouros, alimentos para animais, esgotos, esterqueira e processos de compostagem e processos de “*landfarming*” diversos em campo ou lavouras (DINIZ, 2002).

Historicamente, os processos de tratamento de efluentes têm sido direcionados para remoção de sólidos suspensos totais (SST), matéria orgânica biodegradável (DBO) e remoção de organismos patogênicos (presença de coliformes).

Os principais impactos ambientais proporcionados pelo lançamento de efluentes agroindustriais, sem tratamento prévio, em corpos hídricos são a elevação da DBO, o que provoca diminuição do oxigênio dissolvido no meio; alteração da temperatura e aumento da concentração de sólidos suspensos (SS o que causa aumento da turbidez) e sólidos suspensos totais (SST) na água; eutrofização e proliferação de doenças veiculadas pela água.

Na queijaria objeto desta pesquisa faz-se o tratamento preliminar para separação de gorduras e o tratamento secundário adotado é o biodigestor. Na produção de queijo gera-se entre 3 e 4 L de efluentes para cada 1 L de leite processado, além de mais 5 a 10 L de soro para cada 1 kg de queijo produzido. Para cada 1.000 kg de leite processado 2,0 kg ou mais de DBO, o efluente contém 4.200 mg. L⁻¹ de DBO. Em um laticínio com queijaria, em razão do soro, que contém cerca de 4 g.L⁻¹ de sólidos e elevada DBO (entre 30.000 a 60.000 mg.L⁻¹), os efluentes gerados apresentam maior

carga orgânica.

Os efluentes gerados em abatedouros de aves são oriundos das lavagens de pisos e das instalações nas seguintes etapas da produção: área de recebimento das aves; sala de abate; sala de sangria escaldamento; depenagem; evisceração, resfriamento com gelo; embalagem, congelamento e expedição.

No abatedouro de frango caipira pesquisado, o sistema de tratamento adotado constitui-se da etapa preliminar e o sangue, vísceras e penas são aproveitados na fabricação de ração. Posteriormente o efluente é encaminhado para um sumidouro.

Em abatedouros de frangos, os efluentes do processo apresentam DBO e DQO mais elevadas do que as de lavagem das máquinas e pisos, apresentando as primeiras DBO em torno de 3.900 mg L^{-1} e DQO de 16.230 mg L^{-1} e as segundas DBO de 2.350 mg L^{-1} e DQO de 4.850 mg L^{-1} . O conteúdo de óleos e graxas é, no entanto, maior nas águas de lavagem, alcançando concentração de 8.000 mg L^{-1} . As águas de processo apresentam valor de 2.500 mg L^{-1} .

Resultados das análises dos efluentes da queijaria: pH = 5,8; temperatura média de 37°C ; OD entre 5,5 e 7 em cada 100 mL da amostra diluída a 10^{-1} ; DBO com média de $3,1 \text{ mg.L}^{-1}$ e com valor máximo de $4,9 \text{ mg.L}^{-1}$, turbidez 35NTU;

De acordo com a resolução do CONAMA os efluentes lançados em curso d'água devem apresentar valores de pH entre 5 a 9.

O efluente do laticínio apresentou temperatura média de 37°C . Porém, essa elevação de temperatura que é maior que a temperatura ambiente, não afeta significativamente a temperatura final do efluente que não ultrapassou o máximo permitido de 40°C exigido pela resolução pertinente.

Concentrações de OD na faixa de 9 mg.L^{-1} mostram uma saturação deste gás à temperatura de 20°C ao nível do mar, valores bem inferiores a este valor são indicativos de presença de matéria orgânica nas águas.

Provavelmente, os produtos químicos industriais utilizados no processo de limpeza do pasteurizador como a soda cáustica, detergentes industriais e hipocloritos podem afetar o desenvolvimento das bactérias envolvidas, no que tange os processos de oxidação da matéria orgânica e conseqüentemente a disponibilidade de oxigênio dissolvido na amostra, diminuindo os valores de DBO nos processos limpeza geral do laticínio.

Resultados das análises dos efluentes do abatedouro: pH 8,6; temperatura $19,2^{\circ}\text{C}$; DBO em torno de $2,4 \text{ g.L}^{-1}$; turbidez 525NTU. Os resultados de resíduos de sólidos totais foram de $915,1 \text{ g.L}^{-1}$

Os sólidos em suspensão na água são os grandes responsáveis pela turbidez desta sendo a medida do grau de interferência da passagem de luz através da água, os processos industriais podem vir a interferir nesta característica. Algumas amostras tiveram baixo valor, embora tivessem alta cor verdadeira, no caso da amostra da limpeza do abatedouro.

Os resíduos de sólidos totais devem ser mais baixos, por haver processo de

decantação de sólidos durante o tratamento preliminar.

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (BRASIL, 2005), por meio da Resolução nº 357, em seu Capítulo IV, determina que os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados direta ou indiretamente nos corpos de água após o devido tratamento, desde que obedeçam às exigências contidos nesta e em outras normas aplicáveis. Por essa razão seria interessante fazer a comparação das características dos efluentes brutos da agroindústria e após tratamento para verificar a eficiência deste e a conformidade com estabelecido pela Resolução. No entanto, isso não foi possível para o abatedouro de frangos pesquisado porque, como escrito anteriormente, os efluentes não recebem nenhum tratamento secundário sendo direcionados para um sumidouro.

4 | CONCLUSÕES

A agregação de valor tem importância estratégica para a permanência do agricultor familiar na propriedade, na região Celeiro. Apesar do incentivo dado ao desenvolvimento da agroindústria nos últimos anos, há um enorme potencial de expansão.

No estudo realizado por Wesz Junior (2006), observa-se uma série de impactos gerados a partir da consolidação de agroindústrias familiares.

Ao visitar algumas agroindústrias familiares da região Celeiro, constatou-se que possuem fossas sépticas permeáveis com pedras no seu fundo onde todos os dejetos são direcionados, o líquido é absorvido pelo solo e os dejetos sólidos que ficam depositados são retirados periodicamente. Este tratamento é ineficiente, pois a água absorvida pelo solo pode conter vários microrganismos prejudiciais à saúde e que podem contaminar lençóis subterrâneos e ou poços de captação de água para o consumo familiar.

Verificou-se que na maioria das agroindústrias visitadas há preocupação quanto à questão ambiental. Porém, há desconhecimento quanto à gestão ambiental relacionada à utilização de tecnologias limpas como a reutilização de água e tratamento de resíduos líquidos provenientes da produção industrial e de sanitários. De maneira geral, não aplicam tais tecnologias por desconhecerem e por acharem que tais implementações tenham custo elevado. Isso evidencia a necessidade de maiores informações a este respeito e de soluções alternativas que estejam dentro de seu orçamento para que possam implantar e gerar resultados positivos ao meio ambiente.

Embora a Resolução nº 357 CONAMA determine que os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados direta ou indiretamente nos corpos de água após o devido tratamento, desde que obedeçam às condições, padrões e exigências contidos nesta e em outras normas aplicáveis, verificou-se que efetivamente esse acompanhamento não é feito.

Por essa razão, propôs-se nesta pesquisa fazer a comparação das características dos efluentes brutos e tratados das agroindústrias para verificar a eficiência do tratamento e a conformidade com estabelecido pela Resolução nº357. No entanto, devido ao tipo de tratamento adotado, não foi possível coletar amostras de efluente após o tratamento e conseqüentemente fazer o comparativo.

REFERÊNCIAS

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard Methods for Examination of Water and Wastewater**. 21th Ed, 2005.
- BANCO DO NORDESTE. **Manual de Impactos Ambientais: orientações básicas sobre aspectos ambientais e atividades produtivas**. Fortaleza: Banco do Nordeste, 1999. 297 p.
- BRAILE, P. M.; CAVALCANTE, J. E. Manual de tratamento de águas residuárias industriais. São Paulo: CETESB, 1993. 764p.
- BRASIL. **Lei Federal nº 6.938 de 31 de agosto de 1981** – Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. *Portaria nº 518 de 25 de março de 2004*. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2005.
- BRIAO, V. B e TAVARES, C. R. G. **Geração de Efluentes na Indústria de Laticínios: Atitudes Preventivas e Oportunidades**. In: 23º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Campo Grande- MS. 2005, 9p.
- CONSELHO Nacional do Meio Ambiente. **Resolução n. 357 de 17 de março de 2005**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso: 16 ago. 2015.
- DINIZ, E. D. P. **Diagnóstico Ambiental da Bacia Hidrográfica do Arroio Cruze**. Universidade Luterana do Brasil – Programa de Pós-Graduação em engenharia, energia, ambiente e materiais. Canoas - RS, 2002.
- FARIA, C. M.; MORANDI, I. C.; **A Difícil Recuperação de Arroios em Áreas Urbanas**. Pesquisa Ecos. Revista. Departamento municipal de Água e Esgotos. Porto Alegre. Ano 3. nº 6. Maio/2002.
- JR. WESZ, V. J.; TRENTIN, I. C. L, **Agregação de valor e desenvolvimento sustentável nos municípios rurais**. Revista Gestão e Desenvolvimento, Novo Hamburgo, v. 3, n. 2, 2006, p. 25- 32.
- NASCIMENTO, C. A; NAIME, R CARVALHO, S. **Busca por Água para Suprir as Necessidades Humanas e a Sustentabilidade do Aquífero Subterrâneo em Loteamentos Irregulares na Cidade de Taquara – RS – Brasil**. Instituto de Ciências Exatas e Tecnológica – ICET. Centro Universitário FEEVALE. Tecnologia e Tendências. Novo Hamburgo – Brasil, junho de 2007.
- SULZBACHER, A. W. **Agroindústria Familiar Rural: Caminhos para Estimar Impactos Sociais**, XIX Encontro Nacional de Geografia Agrária, São Paulo, 2009, p.1-25.
- VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2. ed. rev. Belo Horizonte: DESA - UFMG, 2003.

COMPARAÇÃO DE ÍNDICES DE AVALIAÇÃO DE ESTADO TRÓFICO EM RESERVATÓRIO UTILIZADO PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO DURANTE PERÍODO DE SECA, SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Leandro Gomes Viana

Mestrando em Ciência e Tecnologia Ambiental, Universidade Estadual da Paraíba (UEPB). e-mail: leandrogomesbiologo@gmail.com

Patrícia Silva Cruz

Doutoranda em Engenharia Ambiental, Universidade Estadual da Paraíba (UEPB). e-mail: patriciacruz_biologa@hotmail.com

Dayany Aguiar Oliveira

Graduanda em Licenciatura em Ciências Biológicas, Universidade Estadual da Paraíba (UEPB). e-mail: dayanyaguiar93@gmail.com

Ranielle Daiana dos Santos Silva

Graduanda em Licenciatura em Ciências Biológicas, Universidade Estadual da Paraíba (UEPB). e-mail: ranielledaiana@hotmail.com

José Etham de Lucena Barbosa

Doutor em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos (Ufscar). e-mail: etham barborsa@hotmail.com

RESUMO: O objetivo do presente estudo foi avaliar a evolução do estado trófico do reservatório Argemiro de Figueiredo (Acauã), Semiárido brasileiro, durante período de seca prolongada, e comparar a aplicação de dois índices de estado trófico. Para tanto, foram coletadas amostras de água em quatro profundidades, para análise de fósforo total, fósforo reativo solúvel e clorofila-a e foi medida a transparência da água com o disco de secchi

em um ponto próximo ao barramento. As coletas tiveram periodicidade mensal de outubro de 2014 a julho de 2015. O reservatório apresentou águas com altas concentrações de nutrientes fosfatados, baixa transparência e clorofila-a que repercutiram nos elevados valores do IETs observados durante o estudo. Pela classificação proposta por Lamparelli (2004), o reservatório variou de condições mesotróficas a eutróficas. Pelo modelo de Toledo Jr. et al. (1983), o reservatório apresentou condições eutróficas durante todo o período de estudo. Modelos para a avaliação do estado trófico, como IET, devem ser aplicadas de forma secundarista ou integradas, por sua fragilidade em não indicar estados reais de eutrofização em ambientes aquáticos do Semiárido brasileiro.

PALAVRAS-CHAVE: Semiárido, Reservatórios, Estado Trófico.

ABSTRACT: The objective of the present study was to evaluate the evolution of the trophic state of the Argemiro de Figueiredo reservoir (Acauã), Brazilian semi-arid, during a prolonged drought period, and to compare the application of two trophic indexes. For this, water samples were collected at four depths for analysis of total phosphorus, soluble reactive phosphorus and chlorophyll-a and the water transparency was measured with the secchi disk at a point near the dike. The collected samples had

monthly frequency from October 2014 to July 2015. The reservoir presented waters with high concentrations of phosphate nutrients, low transparency and chlorophyll-a that had repercussions in the high values of the EITs observed during the study. By the classification proposed by Lamparelli (2004), the reservoir varied from mesotrophic to eutrophic conditions. By Toledo Jr. et al. (1983), model, the reservoir presented eutrophic conditions throughout the study period. Models for evaluating trophic status, such as ETI, should be applied in a secondary or integrated way, due to their fragility in not indicating real states of eutrophication in aquatic environments of the Brazilian semiarid.

KEYWORDS: Semiarid, Reservoirs, Trophic State.

1 | INTRODUÇÃO

Na região semiárida do Nordeste do Brasil o combate à seca nas últimas décadas tem sido realizado mediante fornecimento de água superficial armazenada em reservatórios. A construção desses sistemas foi crucial para a sua ocupação e desenvolvimento de atividades econômicas da região.

Os reservatórios são ecossistemas aquáticos artificiais resultantes do represamento de um rio em uma bacia hidrográfica. São sistemas que agregam usos múltiplos, como a hidroeletricidade, sobretudo a irrigação, piscicultura, transporte, turismo, dessedentação animal e abastecimento humano.

Os reservatórios no Semiárido do Brasil apresentam características limnológicas peculiares. Suas características físicas, químicas e biológicas podem ser influenciadas por flutuações sazonais no nível d'água, as quais estão associadas a fatores climáticos e a o uso consultivo da água pela população (NASELLI-FLORES; BARONE, 2005; STRAŠKRABA; TUNDISI, 2013).

No período chuvoso, geralmente os reservatórios tendem a possuírem uma água de melhor qualidade, tendo em vista sua utilização para abastecimento público, devido ao efeito da diluição e da renovação da água decorrente do escoamento superficial resultante das altas taxas de precipitação. No período de seca, estes sistemas são propensos a terem o seu estado trófico aumentando para condições eutróficas, decorrente da alta taxa de evaporação e concentração de nutrientes (COSTA et al., 2009).

A eutrofização cultural é atualmente um dos principais problemas relacionados à qualidade da água e disponibilidade de recursos hídricos na região semiárida brasileira. Com a aceleração do processo de eutrofização mudanças ocorrem nos parâmetros bióticos e abióticos dos ecossistemas aquáticos, refletindo diretamente na qualidade da água desses sistemas, dentre eles, as florações do fitoplâncton, e como consequência do processo de decomposição da matéria orgânica acumulada ocorre uma depleção do oxigênio dissolvido, provocando a morte de organismos aquáticos

aeróbios.

Estados avançados de eutrofização pode provocar “blooms” de cianobactérias, onde a literatura reporta que vários gêneros de cianobactérias podem produzir toxinas que têm efeitos sobre a saúde humana e provocam aumento nos custos para o tratamento da água (FERRÃO-FILHO; MOLICA; AZEVEDO, 2009).

Visto que alguns fatores climáticos, como baixa precipitação e altas taxas de evaporação, comuns em regiões semiáridas, podem alterar a qualidade da água armazenada em reservatórios, estudos que visam avaliar o estado trófico nesses sistemas são cruciais, uma vez que indicam o grau de trofia da água presente nesses sistemas.

2 | OBJETIVO

O presente estudo buscou avaliar a evolução do estado trófico de um reservatório utilizado para abastecimento na região semiárida, Nordeste do Brasil, durante período de seca prolongada, e comparar a aplicação de dois índices de estado trófico.

3 | METODOLOGIA

3.1 Área de estudo

O estudo foi realizado no reservatório Argemiro de Figueiredo (Acauã), situado na bacia do Rio Paraíba, nos limites entre o Médio e o Baixo Rio Paraíba e inserido no município de Itatuba entre as latitudes 7°27,5'3” e 7°28'31,4”S e as longitudes 35°35'52,6” e 35°35'3,4”W. O reservatório Argemiro de Figueiredo possui capacidade máxima de armazenamento de 253.143.247 m³ e profundidade máxima de 40 m. É utilizado para usos múltiplos como a piscicultura, dessedentação animal e abastecimento público.

3.2 Amostragem

O estudo foi realizado no período de outubro de 2014 a julho de 2015 com amostras coletadas com periodicidade mensal. As amostras de água para análises de fósforo total, fósforo reativo solúvel e clorofila-a foram coletadas em um ponto próximo ao barramento em quatro profundidades com o auxílio de garrafa de Van Dorn de 5 litros. As profundidades foram definidas a partir do desaparecimento do disco de Secchi (observação visual): na superfície - a 100% de incidência luminosa, na zona eufótica - 50% e 1% de incidência de luz e na zona afótica (profundidade máxima).

3.3 Análise das amostras

As análises de fósforo total e fósforo reativo solúvel foram realizadas através do método colorimétrico. Na análise de clorofila-a, as amostras foram filtradas em membranas de fibra de vidro ($\varnothing = 47$ mm e porosidade = 1,2 μ m) e, após extração com acetona 95%, tiveram suas concentrações determinadas por análise colorimétrica.

3.4 Análise dos dados

Para avaliação do grau de trofia do reservatório, foi utilizado o IET de Carlson (1977) modificado por Lamparelli (2004) para reservatórios, utilizando as concentrações, em μ g/l, de fósforo total (PT) (Equação 1) e clorofila-a (CL) (Equação 2), e calculando o valor do IET (Equação 3) a partir da média dos índices obtidos através das equações 1 e 2.

$$\text{IET (PT)} = 10 \times (6 - (1,77 - 0,42 \times (\ln \text{PT}) / \ln 2)) \quad (1)$$

$$\text{IET (CL)} = 10 \times (6 - ((0,92 - 0,34 \times (\ln \text{CL})) / \ln 2)) \quad (2)$$

$$\text{IET} = [\text{IET (PT)} + \text{IET (CL)}] / 2 \quad (3)$$

Por fim, classificou-se o nível trófico do reservatório a partir dos resultados encontrados no cálculo do IET (Tabela 1).

ESTADO TRÓFICO	CRITÉRIO	PT (μ g/l)	CL (μ g/l)
Ultraoligotrófico	IET \leq 47	PT \leq 8	CL \leq 1,17
Oligotrófico	47 < IET \leq 52	8 < PT \leq 19	1,17 < CL \leq 3,24
Mesotrófico	52 < IET \leq 59	19 < PT \leq 52	3,24 < CL \leq 11,03
Eutrófico	59 < IET \leq 63	52 < PT \leq 120	11,03 < CL \leq 30,55
Supereutrófico	63 < IET \leq 67	120 < PT \leq 233	30,55 < CL \leq 69,05
Hipereutrófico	IET > 67	233 < PT	69,05 < CL

Tabela 1: (IET) de Carlson (1977) modificado por Lamparelli (2004).

Ainda para avaliação da evolução do grau de trofia do reservatório, utilizou-se o IET de Carlson (1977) modificado por Toledo Jr. et al. (1983), desenvolvido para ambientes tropicais. O modelo propõem as equações 4, 5, 6, 7 e equação final 8, de síntese.

$$\bullet \text{ IET (S)} = 10 \times \{6 - [0,64 + (\ln \text{S} / \ln 2)]\} \quad (4)$$

$$\bullet \text{ IET (P)} = 10 \times [6 - \ln(80,32/\text{P}) / \ln 2] \quad (5)$$

$$\bullet \text{ IET (PSR)} = 10 \times [6 - \ln(21,67/\text{PO}_4) / \ln 2] \quad (6)$$

$$\bullet \text{ IET (Cl)} = 10 \times [6 - 2,04 - (0,695 \times \ln \text{Cl}) / \ln 2] \quad (7)$$

$$\text{Equação final: } \frac{\text{IET} = \text{IET}(\text{S}) + 2 [\text{IET}(\text{P}) + \text{IET}(\text{PO}_4) + \text{IET}(\text{Cl})]}{7} \quad (8)$$

Onde:

S= transparência do Disco de Secchi (m); **PSR**= concentração de fósforo reativo solúvel na água ($\mu\text{g/l}$); **P**= concentração de fósforo total na água ($\mu\text{g/l}$) e **Cl** = concentração de clorofila-a na água ($\mu\text{g/l}$); **ln**=logaritmo natural. Os valores limites pra interpretação dos níveis de eutrofização são apresentados na Tabela 2.

ESTADO TRÓFICO	IET
Oligotrófico	<44
Mesotrófico	44<IET>54
Eutrófico	≥54

Tabela 2: (IET) de Carlson (1977) modificado por Toledo Jr et al. (1983).

4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

O período de estudo, é caracterizado por ser de seca atípica, com ocorrência de precipitação abaixo da média histórica, na maioria dos meses (Figura 1). Em relação ao volume, o reservatório Argemiro de Figueiredo passou de 24,4% para 16,4% em relação à sua capacidade total de armazenamento, durante o estudo. A transparência do secchi foi baixa. Os valores não ultrapassaram 1 m, exceto no mês de março de 2015 cujo valor foi 1,57 m (Tabela 3). As concentrações de fósforo total durante o período de estudo foram elevadas (acima de 100 $\mu\text{g/l}$), exceto no mês de julho de 2015 (53,25 $\mu\text{g/l}$) (Tabela 3). As concentrações de clorofila-a, tiveram valores mínimos de 21,57 $\mu\text{g/l}$ em julho de 2015, e máximos, 135,73 $\mu\text{g/l}$ em janeiro de 2015, com oscilações durante todo o período de estudo (Tabela 3). Os valores do fósforo reativo solúvel variaram de 39 $\mu\text{g/l}$ em maio de 2015 a 127,25 $\mu\text{g/l}$ em março de 2015 (Tabela 3). Pela classificação proposta por Lamparelli (2004), o reservatório variou de condições mesotróficas (52 < IET ≤ 59) a eutróficas (59 < IET ≤ 63), sendo que maioria dos meses apresentou condições eutróficas (Figura 2). Pelo modelo de Toledo Jr. et al. (1983), o reservatório apresentou condições eutróficas (IET ≥54) durante todo o período de estudo (Figura 3).

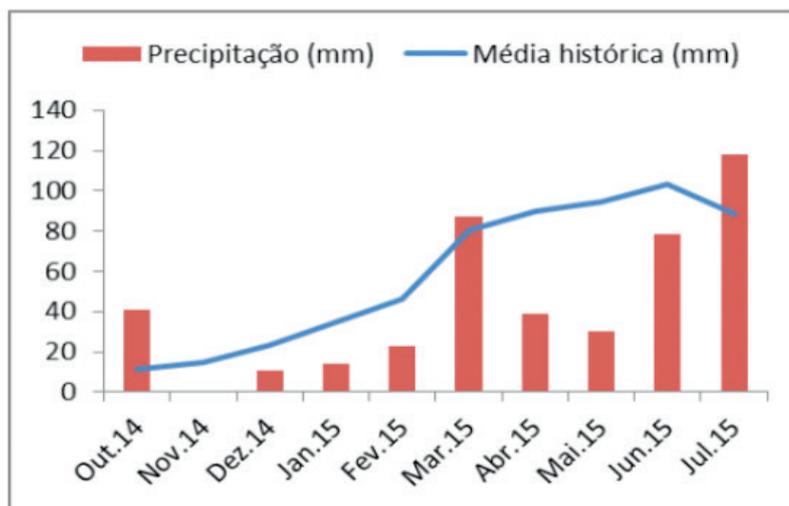


Figura 1: Variação da precipitação mensal na região do reservatório Argemiro de Figueiredo, período de Outubro/2014 a Julho/2015.

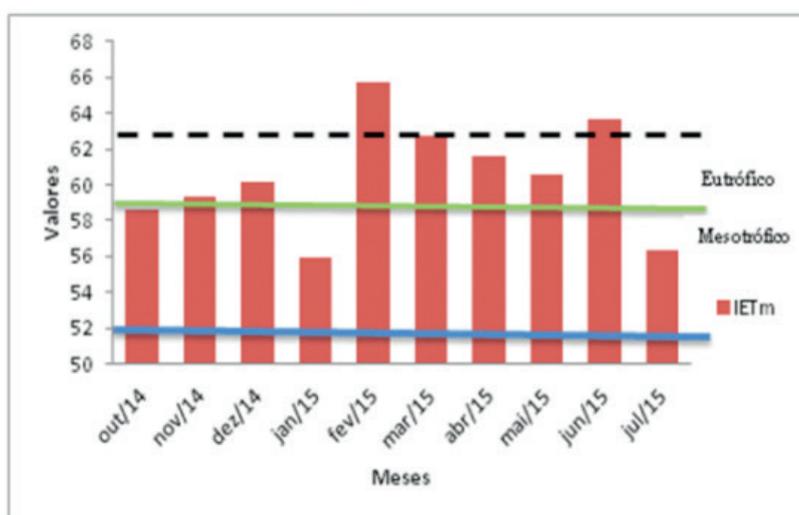


Figura 2: Variação do IETm de Carlson adaptado por Lamparelli (2004) durante o período de estudo.

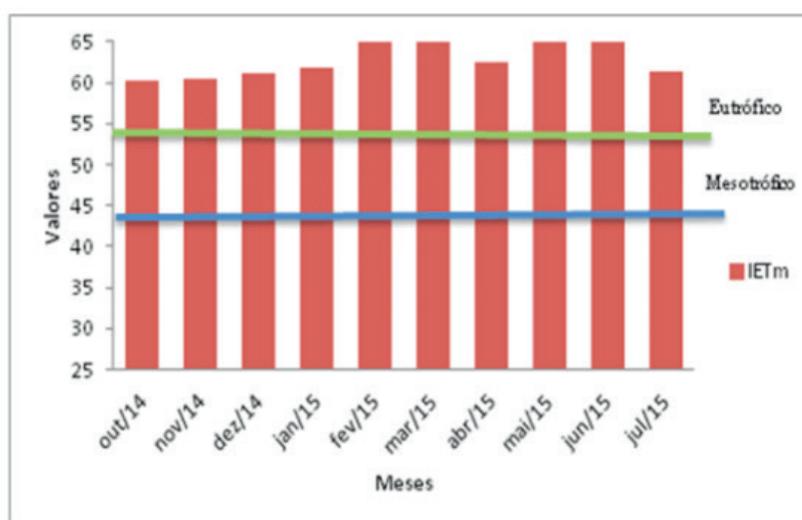


Figura 3: Variação do IETm de Carlson adaptado por Toledo Jr. et al. (1983) durante o período de estudo.

Variáveis	2014			2015						
	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul
Secchi (m)	0,59	0,70	0,53	0,80	0,78	1,57	0,67	0,10	0,10	0,77
Fósforo Total (µg/l)	118,88	112,00	155,13	179,38	199,38	153,75	138,88	168,25	164,50	53,25
Fósforo Reativo Solúvel (µg/l)	30,25	27,75	38,25	72,25	97,25	127,25	35,25	39	59	61,50
Clorofila-a (µg/l)	43,71	34,61	46,97	135,73	22,13	30,22	27,75	48,31	25,50	21,57

Tabela 3: Valores médios das variáveis analisadas, exceto para o Secchi (m).

O reservatório Argemiro de Figueiredo recebe rios afluentes poluídos, e está sob fortes impactos de diversas origens de sua bacia hidrográfica altamente antropizada pelas atividades agrícolas e de criação de gado. Nas águas do reservatório se desenvolvem ainda atividades de piscicultura intensiva, onde já houve registros de mortes massivas de peixes, em virtude da falta de oxigênio ao longo da profundidade das gaiolas ou tanques redes e pelo excesso de cianobactérias presentes no manancial, que ocasionam obstrução das guelras desses animais.

As altas concentrações de fósforo total, fósforo reativo solúvel, clorofila-a e a baixa transparência do disco de Secchi observadas no reservatório Argemiro de Figueiredo, são resultantes das atividades de piscicultura e agrícolas da sua bacia de drenagem e, sobretudo das cargas poluidoras de matéria orgânica transportada pelos rios afluentes como Rio Bodocongó.

Embora os índices aplicados, indiquem graus avançados de eutrofização do reservatório, sua variabilidade entre as categorias indicadas, demonstra sua fragilidade em indicar estados reais de eutrofização em ambientes aquáticos do Semiárido brasileiro, uma vez que os sistemas aquáticos dessa região são dinâmicos, em virtude principalmente do regime hidrológico, secas intensas e fortes chuvas, que alteram as características físicas, químicas e biológicas, influenciando a evolução trófica. Para tanto, recomenda-se que os índices sejam aplicados de forma secundarista ou integrados, uma vez que são modelos desenvolvidos para ambientes aquáticos temperados, adaptados para ambientes aquáticos tropicais, que apresentam características limnológicas peculiares.

5 | CONCLUSÕES

O reservatório apresentou águas com altas concentrações de nutrientes fosfatados, baixa transparência e clorofila-a que repercutiram nos elevados valores do IETs observados durante o estudo. Modelos para a avaliação do estado trófico,

como IET, devem se aplicados de forma secundarista ou integrada, por sua fragilidade em não indicar estados reais de eutrofização em ambientes aquáticos do Semiárido brasileiro, uma vez que os sistemas aquáticos dessa região são dinâmicos, em virtude principalmente do regime hidrológico, que altera as características físicas, químicas e biológicas, influenciando na evolução trófica.

REFERÊNCIAS

COSTA, I.A.S.; CUNHA, S.R.S.; PANOSSO, R.; ARAÚJO, M.F.F.; MELO, J.L.; ESKINAZI-SANT'ANNA, E.M. Dinâmica de cianobactérias em reservatórios eutróficos do semi-árido do Rio Grande do Norte. *Oecologia Brasiliensis*, v.13, n.2, p.382-401, 2009.

FERRÃO-FILHO, A.S.; MOLICA, R.; AZEVEDO, S.M.F.O. Ecologia, Ecofisiologia e Toxicologia de Cianobactérias. *Oecologia Brasiliensis*, v.13, n.2, p.225-228, 2009.

LAMPARELLI, M. C. *Grau de Trofia em Corpos D'Água do Estado de São Paulo: Avaliação dos Métodos de Monitoramento* – Tese (Doutorado) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2004. 238 p.

NASELLI-FLORES, L.; BARONE, R. Water-level fluctuations in mediterranean reservoirs: setting a dewatering threshold as a management tool to improve water quality. *Hydrobiologia*, v.548, p.85-89, 2005.

STRAŠKRABA, M.; TUNDISI, J.G. *Gerenciamento da qualidade da água de represas*. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

TOLEDO JR, A. P.; TALARICO M.; CHINEZ, S. J.; AGUDO, E.G. A aplicação de modelos simplificados para a avaliação de processo da eutrofização em lagos e reservatórios Tropicais. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária, 12., 1983, Rio de Janeiro. *Anais do 12º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária*, Rio de Janeiro: ABES, 1983. p.1-34.

UTILIZAÇÃO DA CAFEÍNA COMO INDICADOR DE CONTAMINAÇÃO POR ESGOTO DOMESTICO NO AÇUDE BODOCONGÓ EM CAMPINA GRANDE, PB

Alvânia Barros De Queiróz

Universidade Estadual da Paraíba; Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Campina Grande, Paraíba.

Neyliane Costa De Souza

Universidade Estadual da Paraíba; Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Campina Grande, Paraíba.

Márcia Ramos Luiz

Universidade Estadual da Paraíba; Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Campina Grande, Paraíba.

Geralda Gilvania Cavalcante

Universidade Estadual da Paraíba; Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Campina Grande, Paraíba.

Lígia Maria Ribeiro Lima

Universidade Estadual da Paraíba; Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Campina Grande, Paraíba

RESUMO: A cidade de Campina Grande é um grande centro urbano que tem vários corpos hídricos que podem estar sendo contaminados por esgotos domésticos e industriais. Para monitorar a contaminação por esgotos domésticos podem ser necessários marcadores apropriados tanto para detectar como para localizar as fontes de poluição na água. Um potencial marcador químico para águas residuais é a cafeína. O objetivo

deste estudo foi identificar a cafeína como marcador químico de contaminação por esgoto em águas naturais, além de propor uma metodologia de identificação mais acessível para este poluente. Os experimentos foram realizados no Laboratório de Pesquisa em Ciências Ambientais. Preparou-se uma curva de calibração da cafeína com padrões variando de 16ppm a 80 ppm, em espectrofotômetro no comprimento de onda de 273, obtendo coeficiente de correlação de 0,994. Ensaios de extração líquido-líquido também foram realizados com o padrão da cafeína em meio aquoso (100ppm). As coletas foram realizadas no açude Bodocongó, localizado em Campina Grande na Paraíba e analisados os parâmetros físico-químicos oxigênio dissolvido (OD), temperatura, pH, turbidez, alcalinidade, DQO e ortofosfato, no qual se obteve consideráveis valores nas análises, elucidado pelo acúmulo de matéria orgânica em decomposição proveniente das cargas poluentes que são depositadas nas margens desse açude, além de outras atividades que acontecem no entorno. Observou-se que das cinco amostras analisadas em todas se identificou a cafeína e somente em duas foi possível quantificar através do método proposto. As amostras obtiveram valores 236ug/mL e 524ug/mL, com limite de detecção em torno de 160ug/mL.

PALAVRAS-CHAVE: poluição hídrica.

ABSTRACT: The city of Campina Grande is an urban center that has several water bodies that can be contaminated by domestic and industrial sewage. For a special sewage contamination can be used as adequate to detect how to find sources of pollution in the water. A potential chemical marker for wastewater is caffeine. The present study was to identify the caffeine as the chemical marker for contamination by sewage in the natural waters, there is to provide molecular policy of identifiable for this alternative to this pollutant. The experiments were carried out without research of research in environmental sciences. A calibration plate of caffeine with standards ranging from 16ppm to 80ppm, in a spectrophotometer with no wavelength of 273, obtaining a correlation coefficient of 0.994. Liquid-liquid extraction assays were also performed with the caffeine standard in the aqueous medium (100ppm). The concentrations were promoted in Biodegradation, located in Campina Grande, Paraíba, and were submitted to a chemical treatment of dissolved oxygen (DO), temperature, pH, turbidity, alkalinity, COD and orthophosphate, not considered considerable values in the analyzes, elucidated by the accumulation of organic matter in decomposition of the pollutant loads that are deposited in the chairs, besides other activities that happen in the surroundings. The analyzed samples can be analyzed in all the applications and the two applications can be quantified through the proposed method. Samples of 236 $\mu\text{g} / \text{mL}$ and 524 $\mu\text{g} / \text{mL}$, with a detection limit of 160 $\mu\text{g} / \text{mL}$ were obtained as samples.

KEYWORDS: water pollution. chemical marker. caffeine, spectrophotometry

1 | INTRODUÇÃO

Os ambientes aquáticos, apesar de constituírem um sistema de vital importância para a humanidade, encontram-se muitas vezes degradados. O crescimento demográfico desordenado e a ocupação de áreas irregulares constituem um grave problema, principalmente nas grandes cidades, ocasionando a degradação dos ecossistemas aquáticos. Despejos domésticos sem tratamento ou deficientemente tratados são lançados nos corpos d'água, aumentando a concentração de matéria orgânica, nutrientes e outros compostos poluentes.

As funcionalidades dos sistemas ambientais vêm sendo afetadas, a cada dia, pelas alterações impostas pelas ações antrópicas e isso vem refletindo tanto no ambiente natural como na própria sociedade onde se vive. A quantidade e a qualidade da água seriam umas das principais preocupações atualmente e estas características geralmente são modificadas por atividades que utilizam a água, que geralmente consomem e retornam ao meio ambiente na forma de esgotos domésticos e industriais, dos quais interferem nas funcionalidades dos sistemas ambientais.

Um fator de importância na avaliação do ambiente hídrico são os parâmetros

físico-químicos, pois são de grande importância para conhecer o nível de eutrofização do local e se o ambiente poluído, quando estes parâmetros estão em grande quantidade (DORNFELD, 2006). Para monitorar a contaminação por esgotos domésticos podem ser necessários marcadores apropriados tanto para detectar como para localizar as fontes de poluição.

Indicadores químicos aumentam a exatidão no rastreamento e consomem menos tempo para a preparação e análise de amostras. Dentre os indicadores químicos emergentes, destaca-se a cafeína. Embora a cafeína tenha sido detectada em águas naturais há mais de 30 anos, apenas em 1996 seu uso como um marcador químico de contaminação antrópica foi proposto de maneira mais consistente (CANELA *et al.*, 2014).

A determinação da concentração da cafeína pode ser empregada com maior eficiência que análises microbiológicas, devido a sua natureza antrópica, confirmando a entrada de águas residuárias domésticas nos ambientes (GARDINALI; ZHAO, 2002; PELLER *et al.*, 2006).

A cafeína está enquadrada no grupo de contaminantes emergentes, evidenciando a resistência aos tratamentos submetidos ao esgoto e à água de captação (CANELA, 2014). As ações desses contaminantes ainda são desconhecidas para a saúde ambiental, portanto a importância do monitoramento desses compostos em água (RABIET *et al.*, 2006).

Nos últimos anos, diversos estudos têm sido publicados determinando cafeína em diferentes compartimentos ambientais, como indicador de contaminação por esgoto doméstico.

Um dos primeiros trabalhos utilizando a cafeína como indicador de esgoto doméstico foi feito por Seiler *et al.* (1999), que analisaram amostras de dois compartimentos: água subterrânea e efluentes de Estações de Tratamentos de Esgotos (ETEs). Foram determinadas as concentrações de cafeína e nitrato. No poço onde a mais alta concentração de cafeína foi encontrada, obteve-se também a maior concentração de nitrato.

De acordo com AESA (2016), os esgotos domésticos são os principais focos de poluição orgânica nas águas nordestinas, devido à falta de ETEs. Entre os piores poluidores, estão os esgotos de Campina Grande, que comprometem o Riacho Bodocongó, usado para: irrigação irrestrita, por mais de 130 famílias de agricultores para lavagem de roupas e recreação.

Torna-se necessário realizar uma reflexão sobre os diversos fatores que podem alterar a qualidade da água, principalmente onde esse bem é mais escasso, como é o caso da região nordeste do Brasil. Moura, Righetto e Lima (2011) afirmam que a maioria dos açudes dessa região possuem contaminações provenientes de esgotos, algas tóxicas e resíduos provenientes de indústrias, tornando a água imprópria para consumo. Por isso a necessidade de estudos voltados para o diagnóstico e preservação dos corpos d'água, principalmente dessa região.

O objetivo deste trabalho é identificar e avaliar a poluição do açude Bodocongó localizado na zona urbana de Campina Grande, através de análises de qualidade de água e desenvolvimento de método de identificação da cafeína.

2 | METODOLOGIA

2.1 Características e localização da área de Estudo

A área de estudo compreendeu as imediações do Açude Bodocongó ($7^{\circ}13'11''S$ e $35^{\circ}52'31''W$), localizado no bairro Bodocongó em Campina Grande na Paraíba, situado no médio curso do rio Paraíba, a uma altitude de 548 metros.

Esse açude foi construído entre os anos de 1915 e 1917, com o objetivo de atenuar a escassez de água na região, sendo fator decisivo para o surgimento de um novo bairro e do complexo industrial em torno do mesmo. Na década de 1930, emergiu nas margens um curtume e uma fábrica têxtil de Bodocongó (COSTA, 2011).

Diariamente, são lançados diversos tipos de resíduos sólidos nas margens desse açude bem como esgoto doméstico proveniente das construções irregulares conforme descrito por Carvalho (2007); Costa (2011) e Doroteu et al. (2012). Esses produtos aceleram a degradação do solo e causam a contaminação da água gerando consequências sociais, econômicas e ambientais.

De acordo com Andrade (2018), as ações antrópicas acometidas no perímetro do Açude Bodocongó podem ocasionar impactos negativos, tais como: contaminação da água e do solo por diversas substâncias, risco a saúde da população, degradação dos ecossistemas das margens do manancial e a possibilidade de atingir os lençóis freáticos, ocasionando a contaminação dos poços e cisternas das imediações. Além, de assoreamento que reduz o volume a cada dia. Na Figura 1 é apresentada uma imagem da extensão do açude Bodocongó.



Figura 1 - Imagem de Satélite do Açude Bodocongó, Campina Grande, PB.

Legenda: linha verde: espelho de água; Linha amarela: área assoreada; Linha lilás: macrófitas.

Fonte: Google Earth (2018).

Carvalho (2007) contempla que a eutrofização também é observada nas águas do açude, provocada pela presença de resíduos sólidos, contribuindo para o aparecimento de plantas macrófitas, que acabam por reduzir a aeração da água e, conseqüentemente, em uma maior dificuldade de autodepuração do corpo hídrico.

Doroteu et al. (2012) relatam que a água do Açude Bodocongó é usada de forma clandestina para lavagem de veículos por uma associação de lavadores de carro que atualmente conta com mais de trinta pessoas cadastradas. Faltam aos lavadores esclarecimentos sobre os riscos dessa atividade para o meio ambiente e também para a saúde daqueles que estão em contato diretamente com essa água

2.1.1 Coleta de amostras

As amostras foram coletadas, no período da manhã, no açude Bodocongó, seguindo as práticas de coletas de água superficiais. Também foram realizadas análises *in loco* de oxigênio dissolvido e temperatura. A Figura 2 apresenta a imagem da coleta realizada no açude Bodocongó e a localização área no mapa.



Figura 2 - Coleta realizada no açude de Bodocongó e a localização área no mapa.

Fonte: Própria e Google Earth (2018).

As coletas foram realizadas, a partir do momento que a metodologia foi montada, entre os meses junho e agosto de 2015, totalizando 5 coletas. Os parâmetros de análise de qualidade da água, também requereram um certo tempo para obtenção de reagentes e equipamentos, preparação de soluções e construção de curvas analíticas.

2.2.2 Caracterização Físico-Química

Os parâmetros físico-químicos utilizados para a caracterização e monitoramento das amostras ambientais estão descritos na Tabela 1.

A metodologia empregada foi realizada de acordo com *Standard Methods* (APHA, 2005). Os parâmetros de oxigênio dissolvido (OD) e temperatura foram realizados *in*

loco, através de medidor de oxigênio portátil (Oxímetro *datalogger* ITT 71440). A etapa de caracterização foi realizada no Laboratório de Pesquisa em Ciências Ambientais (LAPECA), localizado Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual da Paraíba.

Parâmetros	Método
Ph	pHmetro digital 602 - marca Analion
Condutividade	Condutivímetro
Turbidez	Turbidímetro
OD	Oxímetro
Temperatura	Termômetro
Alcalinidade Total	Titulométrico
DQO _i ;DQO _f	Colorimétrico-Espectrofotometria
Ortofosfato	Espectrofotométrico – Ácido Ascórbico

Tabela 1 - parâmetros físico-químicos utilizados para a caracterização

Legenda: pH – Potencial Hidrogeniônico; OD – Oxigênio Dissolvido; DQO_i - Demanda Química de Oxigênio; DQO_f – Demanda química de oxigênio final.

2.2 Determinação analítica da cafeína

Os procedimentos adotados foram baseados em alguns métodos descritos na literatura de determinação de cafeína por espectrofotometria UV-Vis, uma vez que ainda não existem métodos oficiais para análises de contaminantes emergentes em amostras ambientais. Para determinação dos parâmetros físico-químicos, foram adotadas metodologias analíticas conforme detalhamento nos itens seguintes:

Preparação da amostra

As amostras coletadas foram preparadas com extração líquido-líquido (ELL) com o intuito de concentrar o analito (cafeína). Procedeu-se com 50 a 200mL de amostra acidificada a pH 3, filtrada em filtro de fibra de vidro e depois extraída com 15mL de solvente em funil de separação. Testou-se solventes o diclorometano, metanol, acetato de etila e o clorofórmio. Do coletado foi retirada a água com MgSO₄ anidro e depois filtrado. O filtrado foi seco em rota-evaporador e diluído para 10mL de clorofórmio para análise em espectrofotômetro UV-VIS.

Foram realizados ensaios de extração de cafeína com o solvente clorofórmio, metanol e diclorometano com soluções aquosas de baixa e alta concentração de 2ppm e 200ppm respectivamente. Foram adicionados 50 e 100mL da solução aquosa em um funil de separação e depois 3 vezes de 5mL do solvente e coletada a fase orgânica em seguida. Os solventes que apresentaram duas fases foram o clorofórmio e diclorometano. No entanto, foi selecionado clorofórmio para utilização na metodologia, devido os melhores resultados de recuperação, apesar de baixos valores.

A extração líquido-líquido (ELL) é um processo que envolve a transferência de massa entre dois líquidos imiscíveis ou pouco miscíveis, tendo a capacidade de realizar

separações que são inviáveis por outros métodos. Este processo de separação é baseado na distribuição do soluto entre as duas fases e a miscibilidade parcial dos líquidos. Esta operação apresenta as vantagens de ser simples, além de se poder utilizar uma variedade de solventes, puros e disponíveis comercialmente, os quais fornecem uma ampla faixa de solubilidade e seletividade (SNYDER *et al.*, 1997).

Desenvolvimento de metodologia por espectrofotometria UV-VIS

Através de levantamento bibliográfico realizado foi verificado que existem várias pesquisas desenvolvidas em território nacional e internacional sobre a identificação de cafeína em corpos hídricos através de métodos cromatográficos, no entanto sobre os métodos espectrofotométricos são incipientes e direcionados a produtos alimentícios. Sobre os ensaios realizados, foram testados e preparados novos padrões de cafeína em clorofórmio de menor concentração para elaborar uma curva de calibração mais apropriada.

O método espectrofotométrico utilizado para identificação da cafeína foi adaptado de Alves e Bragagnolo (2002) e de acordo com o INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985), baseados na absorção característica da cafeína a 274nm.

Inicialmente na elaboração e desenvolvimento da metodologia de identificação de cafeína por espectrofotometria foi preparado um padrão de 200ppm de cafeína em solução aquosa para verificar a eficiência da extração e outra solução padrão de 10000ppm em clorofórmio. Foi construída uma curva analítica a partir de um padrão de cafeína com 98% de pureza em clorofórmio P.A. Essa solução foi utilizada para construir a curva de calibração de 25, 50, 100, 125, 250mg.L⁻¹. Após adaptações na curva analítica foram realizados outros pontos na curva de 16, 32, 64, 80, 200mg.L⁻¹. As análises foram realizadas em comprimento de onda de 273nm em duplicata.

Foram realizadas leituras de solução padrão em clorofórmio no espectrofotômetro na faixa de 190-350nm, onde o pico de maior absorbância foi em 273nm. Depois, foram preparados padrões de 16, 32, 64 e 80ppm a partir da solução padrão de 10000ppm, realizada a leitura e construída a curva, obtendo um coeficiente de correlação de 0,994.

3 | RESULTADO E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização Físico-Química

Na Tabela 2 podem ser observados os valores médios, máximos e mínimos dos parâmetros físico-químicos analisados nas amostras de água do açude Bodocongó.

PARÂMETROS	UNIDADE	Mínimo	Médio	Máximo
PH	----	7,34	7,57	7,91
Temperatura	°C	23,3	24,08	24,5

Alcalinidade	CaCO ₃ m- g/L	464,5	473,25	482
Turbidez	uT	3,25	6,48	9,1
OD	mgO ₂ /L	5,9	7,03	8,2
DQO	mg/L	<16	98,67	161
Ortofosfato	mg/L	0,629	2,06	2,82

Tabela 2- Parâmetros físico-químicos de qualidade de água do açude Bodocongó, PB.

Fonte: Própria (2018).

De acordo com os valores médios apresentados na Tabela 2 para OD, pH e turbidez, verificou-se que de acordo com a Resolução n°. 357 de 2005, o açude pode se enquadrar em para classe II e III, onde para valores da Portaria n° 2914 de 2011 do Ministério da Saúde e confirmado pela Portaria de Consolidação n° 5, de 28 de Setembro de 2017, que recomenda que pH esteja entre 6,5 e 8,5.

Os valores médios para ortofosfato estão bem acima dos valores de classe III de acordo com a Resolução CONAMA N° 430/2011, isto pode ser elucidado pelo acúmulo de matéria orgânica em decomposição proveniente das cargas poluentes que são depositadas nas margens desse açude, além de outras atividades que acontecem no entorno.

Um fator de importância na avaliação do ambiente hídrico são os parâmetros físico-químicos, pois são de grande importância para conhecer o nível de eutrofização do local e estes estando em grande quantidade mostram que o ambiente é poluído. E quando os fatores, tais como: mudança de pH e condições de anoxia se alteram o sedimento pode se tornar uma fonte de substâncias tóxicas para a coluna d'água, causando assim uma alteração geral nas condições do sistema em estudo (DORNFELD, 2006).

Para a identificação da cafeína, observou-se que das 5 amostras analisadas em todas se identificou a cafeína. No entanto, somente em 2 foram possíveis de quantificar, através do método proposto. O limite de detecção ficou em torno de 160µg/mL e as amostras obtiveram valores 236µg/mL e 524µg/mL. O método empregado de pré-concentração foi o de extração líquido-líquido, que geralmente apresentam valores baixos de recuperação, assim também como a espectrofotometria que possui limite de detecção limitado, quando comparado com outros métodos.

A maioria dos estudos sobre cafeína em ecossistemas aquáticos são realizados em países como Estados Unidos e outros países da Europa (KURISSERY et al., 2012), existe ainda uma grande lacuna de dados sobre detecção de cafeína aplicado aos ecossistemas brasileiros.

Os métodos e técnicas utilizados neste trabalho são bem diferentes de outros métodos já aplicados na identificação da cafeína, portanto deve-se ainda realizar mais ensaios de desenvolvimento de metodologia para melhor identificação e quantificação da cafeína. Outros fatores também podem ter interferido na identificação da cafeína em

todas as amostras, questões como a degradação e condições ambientais. Em águas superficiais continentais, os níveis de cafeína variam em função de aspectos como sazonalidade, proximidade das fontes de aporte, condições hidrológicas e padrão de consumo.

Concentrações mais elevadas de cafeína têm sido encontradas em águas superficiais brasileiras em comparação com estudos realizados em outros países. Um trabalho realizado em 2010, na cidade de Campinas, SP, evidenciou o papel do esgoto bruto como principal fonte de cafeína para águas superficiais utilizadas como mananciais para produção de água para consumo humano (SODRÉ *et al.*, 2010).

Salienta-se que a presença de cafeína na água, usada como um indicador químico, tem quanto maior a concentração de cafeína, maior a probabilidade de que uma dada amostra de água apresente atividade estrogênica. Ou seja, apresenta riscos a quem se utiliza dessa água para fins de consumo humano, com a presença de compostos interferentes endócrinos que possuem atividade estrogênica. De acordo com Montagner *et al.*, (2014) são encontrados em níveis de subnanogramas por litro, as quais muitas vezes estão abaixo da detectabilidade analítica do método empregado, que só é possível porque as concentrações de cafeína são cerca de cem vezes maiores que as concentrações de inúmeros contaminantes emergentes presentes na mesma amostra.

4 | CONCLUSÕES

A determinação de cafeína é um promissor traçador de atividade antrópica. Este parâmetro serve tanto como complemento para as análises físico-químicas tradicionais, quanto como ferramenta única no monitoramento da qualidade da água.

Os métodos e técnicas utilizados neste trabalho na identificação da cafeína foram satisfatórios, no entanto deve-se ainda realizar mais ensaios da metodologia de identificação da cafeína através de espectrofotometria por UV-VIS, em amostras aquosas, para melhor identificação e quantificação da cafeína.

O açude Bodocongó foi o corpo hídrico selecionado, devido, aos seus diversos usos e pelos sinais de degradação e poluição ambiental. Assim se considera que o recurso hídrico analisado apresentou valores consideráveis de cafeína, corroborando com os resultados obtidos nas análises convencionais ou parâmetros físico-químicos, indicando forte contaminação por esgotos domésticos, por isso imprópria para consumo humano.

REFERÊNCIAS

AESA - PARAÍBA. FATORES DE DEGRADAÇÃO E PRINCIPAIS FOCOS DE POLUIÇÃO, 2016.

ALVES, Adriana B.; BRAGAGNOLO, Neura. Determinação simultânea de teobromina, teofilina

e cafeína em chás por cromatografia líquida de alta eficiência. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, vol. 38, n. 2, abr./jun., 2002.

ANDRADE, L. R. S.; ARAÚJO, S. M. S.; ANDRADE, M. Z. S. S.; MEDEIROS, L. E. L. **Degradação ambiental no Açude de Bodocongó na cidade de Campina Grande, Paraíba**, Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável. v. 13, n. 1, 2018.

APHA, AWWA, WPCF. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 21th ed., Washington, D.C: American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environment Federation, 2005.

BRASIL. CONAMA. Resolução 430, de 13 de Maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente CONAMA. Diário Oficial [da] União, n. 92, 16 maio 2011, p. 89. Brasília, 2011.

BRASIL. Portaria Consolidação nº 5 de 28 de setembro de 2017 b. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. Anexo XX - Do controle e da vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de Potabilidade (Origem: Portaria MS/GM 2914/2011). Diário Oficial da União, Brasília, 03 de out. 2017, 825p.

BRASIL. Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005. Ministério do Meio Ambiente. BRASIL. Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005. Ministério do Meio Ambiente.

CANELA, M. C. **Cafeína em águas de abastecimento público no Brasil** / Instituto Nacional de Ciências e Tecnologias Analíticas Avançadas – INCTAA; Maria Cristina Canela ... [et al.]. (editor). São Carlos: Editora Cubo, 2014.

CARVALHO, J. A. P. **Diagnóstico da Degradação Ambiental do Açude de Bodocongó em Campina Grande-PB**. Dissertação de Mestrado Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Campina Grande, CTRN. Campina Grande. 96p. 2007.

COSTA, T. C. F. **Ações antrópicas de impactos negativos no açude de Bodocongó no município de Campina Grande – Paraíba**. Revista Brasileira de Informações Científicas. v.2, n.2, p.78-89. 2011.

DORNFELD, C. B. **Utilização de Chironomus SP (Diptera, Chironomidae) para avaliação da qualidade de sedimentos e contaminação por metais**. 2006. 211 f. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de Sao Carlos, Universidade de Sao Paulo, 2006.

DOROTEU, H, G F.; SILVANA, F. N.; JOSÉ, A, S. J.; JANIVAN, F, S.; JOSÉ, G. V. B. **Uso e ocupação nas margens do açude Bodocongó, PB**. Revista Educação Agrícola Superior. v.27, n.1, p.70-75, 2012.

GARDINALI, P. R.; ZHAO, X. Trace determination of caffeine in surface water samples by liquid chromatography--atmospheric pressure chemical ionization--mass spectrometry (LC-APCI-MS). Environ Int. 2002 Dec; 28(6):521-8.

Google Earth (2018). Açude de Bodocongó. Disponível em: <https://earth.google.com/web/@-7.21421565,-35.9148629,510.73757347a,1047.1826018d,35y,0h,45t,0r/data=ClgaVhJOCiQweDdhYzFIMmE4MDE1MmUxNToweGMyMzhmMWI3NzE3M2NhNGYZOL-8W7TbHMAhg180dWj1QcAqFEHDp3VkJZSBkZSBCb2RvY29uZ8OzGAlgASgCKAI>. Acesso em: setembro de 2018.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: **Métodos Químicos e Físico para Análise de Alimentos**. São Paulo. 3^a.ed., cafeína, 1985.

KURISSERY, S.; KANAVILLIL, N.; VERENITCH, S.; MAZUMDER, A. (2012) **Caffeine as an anthropogenic marker of domestic waste: a study from Lake Simcoe watershed**. Ecological Indicators. v.23, p.501-508.

MONTAGNER, C. C.; JARDIM, W. F.; VON DER OHE, P. C.; UMBUZEIRO, G. A.; **Occurrence and potential risk of triclosan in freshwaters of São Paulo, Brazil--the need for regulatory actions.** *Environ. Sci. Pollut. Res.* v. 21, p.1850, 2014.

PELLER, K. A.; OPSAHL, S. P.; CHANTON, J. P. **Tracking anthropogenic inputs using caffeine, indicator bacteria, and nutrients in rural freshwater and urban marine systems.** *Environmental Science & Technology*, v. 40, n. 24, p. 7616-22, 2006.

RABIET, M. et al. Consequences of Treated Water Recycling as Regards Pharmaceuticals and Drugs in Surface and Ground Waters of a Medium-sized Mediterranean Catchment. **Environmental Science and Technology**, v. 40, p. 5282-5288, 2006.

SEILER, R. L.; ZAUGG, S. D.; THOMAS, J. M.; HOWCROFT, D. L. **Caffeine and pharmaceuticals as indicators of waste water contamination in wells.** *Ground Water*, v. 37, n. 3, p. 405-410, 1999.

SNYDER, L. R.; KIRKLAND, J., J.; GLAJCH, J. L.; **Practical HPLC Method Development**, John Wiley and Sons, New York, 1997, p. 110.

SODRÉ, F. F.; LOCATELLI, M. A. F.; JARDIM, W. F. **Occurrence of emerging contaminants in Brazilian drinking waters: a sewage-to-tap issue.** *Water Air and Soil Pollution* v. 206, p. 57–67, 2010.

UTILIZAÇÃO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA DE RESERVATÓRIO – IQAR PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DOS RESERVATÓRIOS ALGODOEIRO E GLÓRIA

Anairam Piedade de Souza Melo

Instituto Tecnológico e de Pesquisas do Estado de Sergipe – ITPS
Aracaju – Sergipe

Helenice Leite Garcia

Universidade Federal de Sergipe – Departamento de Engenharia Química
São Cristóvão – Sergipe

Maria Caroline Silva Mendonça

Universidade Federal de Sergipe – Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos – PRORH
São Cristóvão – Sergipe

Valdelice Leite Barreto

Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos – SEMARH
Aracaju – Sergipe

Carlos Alexandre Borges Garcia

Universidade Federal de Sergipe – Departamento de Química
São Cristóvão – Sergipe

RESUMO: O presente trabalho avaliou a evolução do grau de trofia e da qualidade da água de reservatórios Algodoeiro e Glória, localizados no Município de Nossa Senhora da Glória, Estado de Sergipe, Brasil. As características físicas e químicas da água foram determinadas em cada reservatório, destacando as concentrações de oxigênio dissolvido e clorofila-a. Em relação às variáveis

físico-químicas avaliadas, constatou-se de acordo com a Resolução CONAMA 357/05, para águas de Classe 2, os reservatórios estão degradados, apresentando valores muito acima do permitido, a exemplo, as concentrações de fósforo, nitrogênio e clorofila-a. Neste sentido, foi aplicado o IET para os reservatórios e verificou-se que o reservatório Algodoeiro foi classificado como mesotrófico, no entanto com o aumento das chuvas no ano de 2014, principalmente no mês de agosto, este reservatório mudou sua condição para eutrófico, com possíveis implicações na qualidade da água, mas ainda em níveis aceitáveis e que o reservatório de Glória encontra-se em estado de supereutrofização, comprometendo seu uso para fins de irrigação. Quanto ao IQAR, os reservatórios foram classificados na Classe IV, indicando um ambiente criticamente degradado ou muito poluído, possibilitando corroborar com os resultados do IET e ressaltando a necessidade de medidas de avaliação continuada da qualidade de água.

PALAVRAS-CHAVE: Qualidade da Água; Degradação Ambiental; IQAR.

ABSTRACT: This study evaluated the evolution of the trophic level and water quality of Algodoeiro and Glória reservoirs of water, located in the city of Nossa Senhora da Glória, Sergipe, Brazil. The physical and chemical

characteristics of water were determined in each shell, highlighting the concentrations of dissolved oxygen and chlorophyll-a. Regarding the evaluated physical and chemical variables, according CONAMA's Resolution 357/2005, for Class 2, it was found that these water reservoirs have been degraded, with values far above the permitted, as example, phosphorus concentrations, nitrogen and chlorophyll-a. In this sense, the EIT has been applied to both reservoirs and it was found that the reservoir of Algodoeiro was classified as mesotrophic, however with the increased rainfall in 2014, especially in August, this reservoir has changed its status to eutrophic, with possible implications on water quality, but still at acceptable levels and the reservoir of Glória has been in a state of supereutrophication, compromising its use for irrigation purposes. As for the IQAR, both reservoirs were classified in Class IV quality, indicating a critically degraded or heavily polluted environment, enabling corroborate the results of EIT and underscoring the need for continued evaluation measures of water quality.

KEYWORDS: Water quality; Environmental Degradation; IQAR.

1 | INTRODUÇÃO

O estudo sobre a água, atualmente, está associado a qualidade e a quantidade da mesma uma vez que a escassez da água tem provocado desequilíbrio ambiental e social. No entanto, ao se pensar em água, o consumo humano é o de maior relevância por isso torna-se necessário que ela seja monitorada e avaliada.

Em relação ao Brasil, em virtude das condições climáticas e geomorfológicas da região Nordeste, os recursos hídricos são escassos, sendo necessárias medidas que garantam o seu fornecimento em grande parte do ano. A água é um elemento estratégico e fundamental para o desenvolvimento rural sustentável do semi-árido nordestino, sendo necessário que esteja disponível não somente em quantidade, mas também em qualidade. Uma dessas medidas para garantir o fornecimento de água é a construção de açudes, reservatórios ou barragens. Para o gerenciamento dos reservatórios de água é essencial o monitoramento da saúde dos mesmos, através de parâmetros físicos, químicos e biológicos da qualidade de água que por sua vez permitam inferir sobre possíveis fontes de poluentes que possam prejudicar o uso a que estes reservatórios são destinados (LIMA; GARCIA, 2008).

Existe uma importante necessidade de monitoramento da qualidade da água em curso para garantir o padrão contínuo de água a ser usado. O monitoramento da qualidade da água feito da forma mais tradicional depende de medições in situ e análise laboratorial frequente das amostras. Este tipo de método de amostragem de ponto é o método mais usual, pois permite medições precisas.

A água estocada em reservatórios superficiais sofre alterações em sua qualidade causadas por processos físicos, principalmente evaporação, por ações químicas (reações, dissolução e precipitação) e biológicas (crescimento, morte e

decomposição) (MEIRELES et al 2007). A ação antropogênica sobre o meio aquático é a principal responsável por alterações na qualidade da água e, no meio rural, sendo que a principal atividade econômica é a agricultura, destaca-se a contaminação por pesticidas e fertilizantes (TUCCI et al 2003; FERREIRA et al 2008, BERTOSI et al, 2013).

Com a necessidade de monitorar os reservatórios por meio da coleta e análise de seus parâmetros físicos, químicos e biológicos, servindo para avaliar as condições e a evolução da qualidade das águas ao longo do tempo e para facilitar os estudos e interpretação de dados coletados, muitos gestores optam por utilizar como ferramenta os índices de qualidade das águas que são propostos visando resumir as variáveis analisadas. (GASTALDINI; SOUZA,1994).

O Índice de Estado Trófico – IET, é responsável para se estimar o grau de trofia de sistemas aquáticos, o mesmo sofreu modificações para se adequar às condições limnológicas de reservatórios tropicais, passando a ser bastante utilizado no Brasil. Esta modificação foi feita pelo fato de que estudos limnológicos evidenciaram que a concentração crítica permissível e excessiva em relação à clorofila a e ao fósforo total e ao desaparecimento visual do Disco de Secchi (transparência da água) eram diferentes daquelas encontradas em áreas temperadas (MERCANTE;TUCCI-MOURA, 1999).

Neste cenário, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a qualidade da água dos Reservatórios Algodoeiro e Nossa Senhora da Glória em Sergipe situados na bacia do rio São Francisco e bacia do rio Sergipe, respectivamente, através do Índice de Qualidade de Água de Reservatório e determinar o Índice de Estado Trófico para os reservatórios referidos, observando se houve uma evolução do grau de trofia e da qualidade da água destes reservatórios ao longo do período monitorado, a fim de oferecer informações que possam auxiliar nas ações relacionadas à melhoria da qualidade destes ambientes lântico.

2 | PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

2.1. Áreas de Estudo

A Bacia do Rio São Francisco é a maior e mais importante do estado. Esta drena uma área de 7.184 km², limitando-se ao sul com as bacias dos rios Japaratuba e Sergipe. Os afluentes mais importantes do São Francisco em Sergipe são os rios Xingó, Jacaré, Capivara, Gararu e Betume.

Totalmente incluída no território estadual, a bacia do Rio Sergipe estende-se por 3.720 km² e limita-se ao norte com as bacias do São Francisco e do Japaratuba e, ao sul, com a bacia do rio Vaza-Barris. Os principais afluentes desta bacia são os rios Água Salgada, Jacoca, Jacarecica, Cotinguiba e o Riacho Pau Cedro, este na margem esquerda.

As Figuras 1 e 2 mostram as bacias hidrográficas, com os reservatórios estudados.

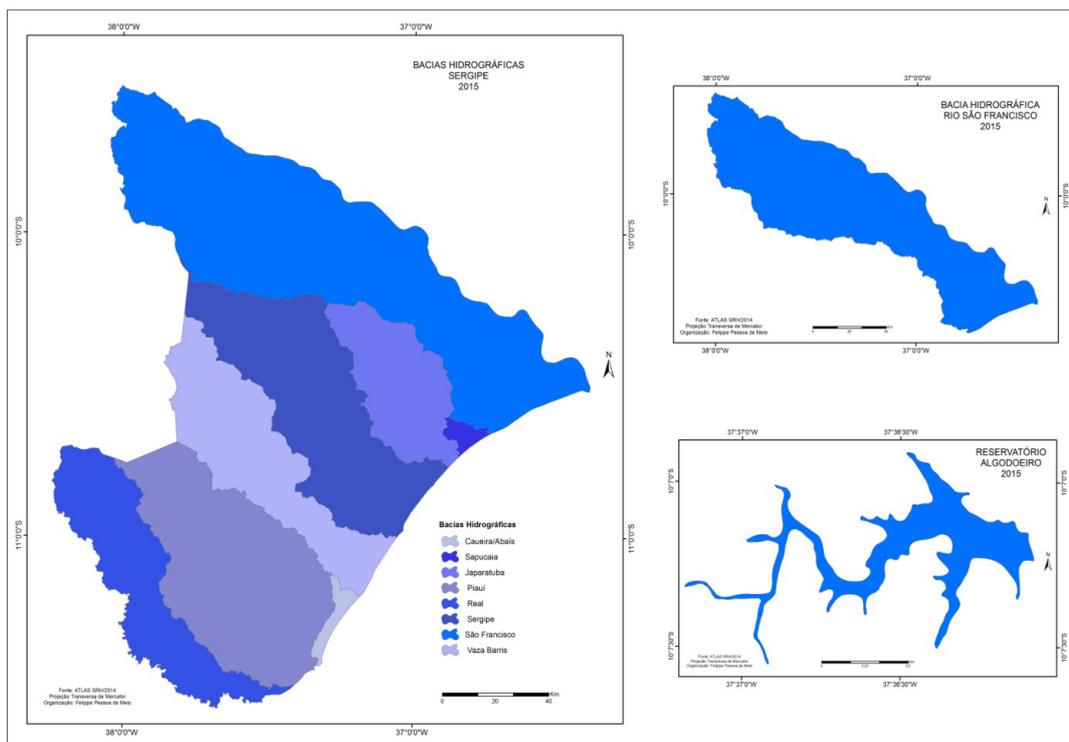


Figura 1 – Reservatório do Algodoeiro em Nossa Senhora da Glória

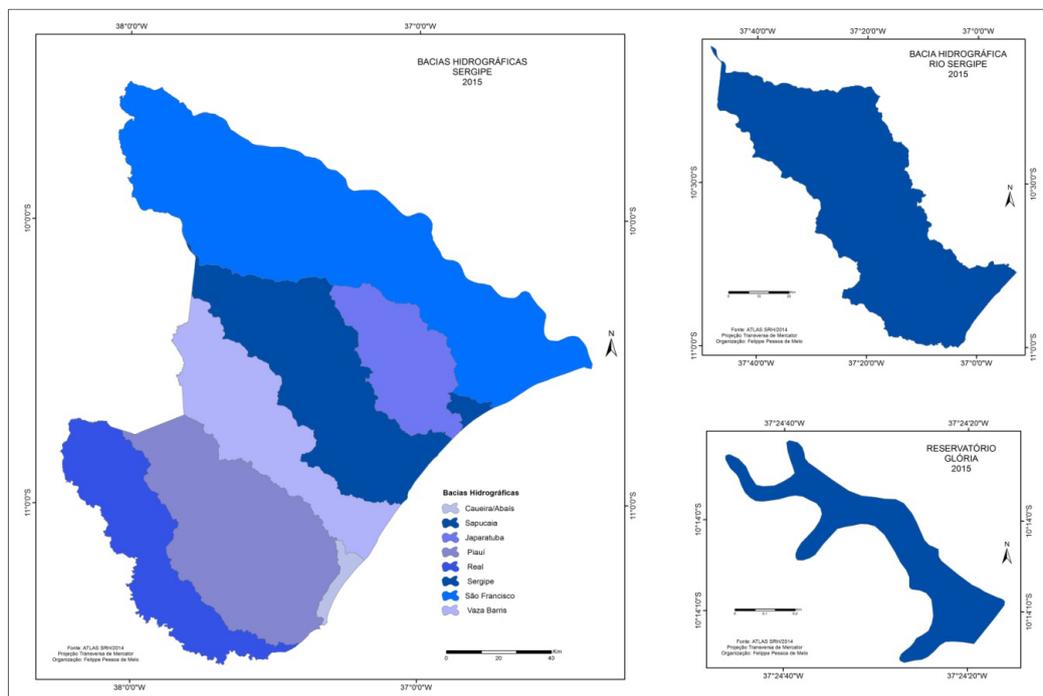


Figura 2 – Reservatório Glória em Nossa Senhora da Glória

2.2. Métodos de Análise

Nesse trabalho serão utilizados os dados obtidos nas campanhas semestrais

realizadas no período de 2013 a 2014 (Relatório de Monitoramento dos Reservatórios de Sergipe - CONVÊNIO N° 001/2012 - ITPS – SEMARH, Bacia Hidrográfíca do Rio São Francisco e Sergipe. As campanhas foram realizadas em 2013 (junho a agosto) e (novembro a dezembro) e em 2014 (junho a agosto) e (novembro a dezembro).

Neste trabalho, os dados obtidos foram das amostras coletadas na camada superficial, em um ponto em cada reservatório, em duas campanhas de coleta. Os parâmetros determinados encontram-se na Tabela 1. Foram utilizados recipientes adequados e previamente limpos para cada tipo de análise. Antes da coleta os recipientes foram lavados duas a três vezes com a água a ser amostrada.

Todos os procedimentos de coleta, conservação e análise obedeceram às metodologias descritas no Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater, american Public Health Association, 22th Ed.,2012 (APHA, 2012) e estão indicados também na Tabela 1. É importante ressaltar que todas as determinações analíticas foram realizadas no Laboratório de Água e Despejo do Instituto Tecnológico e de Pesquisas do Estado de Sergipe - ITPS.

Para garantia da qualidade analítica foram usados a calibração com padrões, a análise de reagentes em branco e determinações em triplicatas. O laboratório também participa regularmente de programas de proficiência e tem acreditação para alguns parâmetros.

Variável	Recipiente	Volume	Preservação	Conservação	Validade	Método
DQO	Vidro	200mL	--	Refrigerado	28 dias	SWEWW 2510B
Fósforo total	Vidro	200mL	H ₂ SO ₄ até pH <2	Refrigerado entre 4 a 5°C	28 dias	SWEWW 4500P
Nitrogênio total	Polietileno ou polímero inerte	200mL	H ₂ SO ₄ até pH <2	Analisar o mais rápido possível ou refrigerado entre 4 a 5°C	7 dias	SWEWW 4500
Nitrogênio Inorgânico total	Polietileno ou polímero inerte	1.000mL	Filtrar em membrana 0,45µm	Analisar o mais rápido possível ou refrigerado entre 4 a 5°C	24 horas 48 horas 48 horas	US-EPA 300.0 US-EPA 300.0 SWEWW 4500P
Oxigênio Dissolvido (OD)	Vidro para OD com tampa Esmerilhada	300mL	2mL de sulfato manganoso e 2mL de iodeto alcalino + azida	--		SWEWW 2510C
Clorofila a	Polietileno ou polímero inerte	1.000mL	Filtrar em membrana 0,45µm	Refrigerado entre 4 a 5°C		ICP OES

Tabela 1 – Parâmetros, requisito de amostragem, preservação e análise de amostras.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

O cálculo do IQAR foi realizado estabelecendo duas condições. A primeira é calcular este índice levando em consideração somente os parâmetros que foram mensurados neste trabalho. É importante ressaltar que o IQAR é calculado com nove parâmetros, mas que na literatura sugere que na ausência de algum parâmetro este não seja levado em consideração, bem como seu peso. A segunda condição proposta neste trabalho é substituir os parâmetros que não foram mensurados, e que constam no índice, por parâmetros que indiquem fenomenologicamente/empiricamente a condição do reservatório. Neste caso, os parâmetros tempo de residência e concentração de cianobactérias foram substituídos por turbidez e coliformes termotolerantes.

3.1. Primeira condição: IQAR de acordo com o IAP

Através destes resultados, também é possível identificar a condição ambiental do reservatório. Neste caso, os reservatórios apresentam em relação aos parâmetros concentração de nitrogênio total e transparência uma condição de menor degradação, mas ainda uma condição de muito poluído, pesando negativamente na condição geral dos reservatórios. Observando os resultados obtidos nos reservatórios, nota-se um aumento no valor do IQAR para os dois reservatórios com a mudança de estação do inverno (período chuvoso) para o verão (período seco). Nestes, constata-se que durante o período de monitoramento para o Algodoeiro a classificação obtida foi criticamente degradado (Classe IV com faixa de índice entre 3,5 e 4,5) para os dois períodos do ano em que as amostras foram coletadas. Os ambientes hídricos de classe IV apresentam uma qualidade da água muito ruim, com corpos com possibilidade de ocorrer a mortandade de peixes e com elevadas concentrações de nutrientes, principalmente fósforo e nitrogênio.

De acordo com a Tabela 2, observa-se um aumento no IQAR de valor 4 para o valor 4,30, indicando que o aumento na quantidade de oxigênio dissolvidos provoca um aumento no índice, pois este parâmetro é considerado o de maior peso no cálculo do IQAR. Além disso, é importante ressaltar um aumento de 210%, aproximadamente, na concentração de clorofila-a, neste caso indicando um consumo maior dos nutrientes.

Reservatório	IQAR (JUN/2013 a AGO/2013)	IQAR (NOV/2013 a JAN/2014)	IQAR (JUN/2014 a AGO/2014)
Algodoeiro	4,0	4,30	3,51
N. Senhora da Glória	4,38	4,61	3,43

Tabela 2 - Resultados do Cálculo do IQAR

Os resultados do IQAR para o reservatório de Glória também constam na Tabela 2. É possível observar que ocorreu um aumento no valor do IQAR de 4,38 (no inverno) e para 4,61 (no verão), mudando a classificação de criticamente degradado para muito

poluído, ou seja, da classe IV para classe V. Para este reservatório observa-se uma aumento da concentração de clorofila-a de aproximadamente 20 vezes, indicando um ambiente com fortemente eutrofizado, por excessivo consumo dos nutrientes fósforo e nitrogênio.

No entanto, na Tabela 2 ainda é possível ver uma diferença no IQAR para o período de inverno de 2014, para o qual o reservatório Algodoeiro em 2013 o IQAR era 4,0 passou em 2014 para 3,51, mas a condição permaneceu a mesma de CRITICAMENTE DEGRADADO apesar da melhora em termos numéricos. Já para o reservatório de Glória houve uma mudança ainda maior que antes possuía um IQAR 4,38 passou a 3,43 saindo da condição de criticamente degradado para moderadamente poluído, este fato se deu devido a quantidade de chuvas na região de Glória no ano de 2014 que teve uma média de 810mm de chuva neste ano. No inverno de 2013 choveu 350mm e no inverno de 2014 choveu 450mm, o que ocasionou resultados diferenciados, mas que ao se analisar os resultados verifica-se que apesar das chuvas terem modificado a classe a que pertence o reservatório nota-se que alguns parâmetros como fósforo, OD e clorofila-a revelam a verdadeira condição do reservatório e que há uma linha bem tênue uma vez que o resultado de 3,43 é bem próximo ao de 3,51 para o qual o reservatório permaneceria como criticamente degradado.

3.2 Segunda condição: IQAR modificado (IQARM)

De uma forma geral, em relação aos parâmetros individualmente os reservatórios são classificados como extremamente poluídos. Em média, a classe predominante dos reservatórios é a Classe VI, e esta classe é caracterizada por ambientes com uma qualidade de água péssima, com poluição extrema e elevadas concentrações de matéria orgânica e são corpos considerados hipereutrofizados.

Com o monitoramento dos reservatórios realizado em três campanhas por meio da coleta e análise de seus parâmetros físicos, químicos e biológicos, servindo para avaliar as condições da qualidade da água, foi possível perceber com base nos dados existentes que modificando os pesos empiricamente e inserindo outros parâmetros adaptando o Índice de Qualidade de Água de Reservatório do Instituto Ambiental do Paraná a realidade da região Nordeste e ao Estado de Sergipe.

Na condição para o IQAR Modificado houve mudança para os dois reservatórios quanto a classe que estes representam saíram da condição de criticamente degradado para moderadamente degradado, embora esta condição indique que os reservatórios estão em situação ruim, mas a diferença entre estes resultados pode ser devido ao fato das chuvas do mês de agosto de 2014 que foram maiores que a do inverno de 2013, colaborando para uma diluição dos parâmetros. Na Tabela 3 estão esses resultados.

Reservatório	IQAR (JUN/2013 a AGO/2013)	IQAR (NOV/2013 a JAN/2014)	IQAR (JUN/2014 a AGO/2014)
Algodoeiro	3,59	3,71	3,14
N. Senhora da Glória	3,92	3,97	3,08

Tabela 3 - IQAR Modificado

3.3. IET

Os índices de qualidade de água têm como objetivo demonstrar a evolução da qualidade da água no tempo e o IET classifica os reservatórios quanto ao seu grau de trofia. Analisando este índice nos reservatórios Algodoeiro e Glória, verificou-se que o Algodoeiro foi classificado em praticamente todo o ano como mesotrófico, ou seja, este é considerado um corpo d'água com produtividade intermediária, com possíveis implicações sobre a qualidade da água, mas em níveis aceitáveis na maioria dos casos. O reservatório de Glória obteve, na primeira campanha, um grau de trofia supereutrófico e na segunda campanha o grau de trofia mudou para hipereutrófico. Este último indica um grau de trofia em que os corpos d'água são afetados significativamente por elevadas concentrações de nutrientes e matéria orgânica, comprometendo seus usos. Além disso, estes reservatórios podem apresentar muitas florações de algas e mortandade de peixes. A Tabela 4 mostra os resultados médios das três campanhas.

Estado trófico	Algodoeiro - Riacho Alagadiço	N. S. da Glória - Riacho Pau de Cedro
IET (P)	59,22	72,56
IET (CL)	58,38	60,58
IET	58,89	66,55

Tabela 4 – IET médio dos reservatórios Algodoeiro e Glória

No trabalho de Mendonça (2014) foram avaliados os reservatórios da Marcela e Rio Jacarecica usando IQAR proposto pelo IAP, bem como outros comumente usados na literatura. Por meio dos resultados obtidos através da análise dos parâmetros físicos, químicos e biológicos, foram determinados os índices de qualidade de água de reservatório para o Açude da Marcela e Rio Jacarecica.

Mendonça (2014) ressaltou também, que todos os índices foram calculados com base em parâmetros diferentes, mas estes resultados são concordantes com os das análises físico-químicas e biológicas da água, que apresentaram, em algumas variáveis, valores bem acima dos máximos permitidos para qualquer uso da água. Assim, as variáveis que tiveram os resultados das análises mais elevados foram o nitrogênio amoniacal, bem como nitrito e nitrato, e o fósforo total, que são indicativas de processo de eutrofização, devido, possivelmente, aos despejos de efluentes domésticos e industriais, bem como o escoamento agrícola associado à aplicação de

fertilizantes na agricultura.

É importante comentar também que o fósforo sofre transformações contínuas no ambiente de água doce. Fitoplâncton e bactérias consomem o fósforo disponível no meio hídrico e transformam-no em sua forma orgânica. Estes organismos podem, então, ser ingeridos por detritívoros ou herbívoros que, por sua vez, podem excretar o fósforo orgânico na água, facilitando a assimilação das plantas e micróbios. Dessa forma, quando encontrado em altas concentrações, o fósforo pode ocasionar a eutrofização do meio hídrico, além de, juntamente com o nitrogênio, influenciar a proliferação de cianobactérias. Fato evidenciado pela elevada concentração de clorofila a no Açude da Marcela, de acordo com o limite estabelecido pelo CONAMA nº 357/05. Os resultados de Mendonça (2014) podem servir para consubstanciar os resultados obtidos no presente trabalho, tendo em vista que a análise dos índices com diferentes parâmetros chegou à mesma conclusão sobre a qualidade da água nos reservatórios.

4 | CONCLUSÕES

A qualidade dos reservatórios estudados neste trabalho foi avaliada através de medidas dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos, através do cálculo do IQAR e IET propostos na literatura. Estes índices servem para avaliar qual a condição para determinado uso de um corpo hídrico. Estas são funções dos parâmetros normalmente, mensurados em laboratório de controle e monitoramento ambiental.

No caso dos reservatórios estudados os problemas vão além de um sistema de gestão. No entanto, sabe-se que estes reservatórios são utilizados para abastecimento para consumo humano, dessedentação animal e irrigação de hortaliças que exigem medidas de monitoramento e controle ambiental. Após o estudo de diferentes índices de qualidade da água, pode-se inferir que o objetivo do IQAR e IET facilita a interpretação dos dados de monitoramento de qualidade da água através de um número, que representa redução de um elevado número de parâmetros em uma expressão simples. Estes índices utilizam vários parâmetros biológicos e físico-químicos, que avaliam a vulnerabilidade da qualidade da água, e foram resultados de pesquisas realizadas por diferentes órgãos do governo e especialistas. Apesar de todos os esforços, nenhum índice foi, até agora, universalmente aceito, de modo que as agências de água, usuários e gestores de recursos hídricos em diferentes países tem feito adaptações em índices com relação aos parâmetros e à fórmula de cálculo do Índice de Qualidade de Água, Índice próprio para reservatório e o Índice de Estado Trófico.

Este trabalho evidencia que é preciso adotar medidas visando o controle e à redução de nutrientes e cargas orgânicas na água, descartados para a contenção do processo de eutrofização desses reservatórios. Neste contexto, é imprescindível o monitoramento dos parâmetros físico-químicos e biológicos para a avaliação dos impactos da ação humana sobre os recursos hídricos. É importante mencionar

também que, embora as autoridades possam construir estações de tratamento para a adequada remoção de nutrientes, é necessário que a comunidade seja parceira na estratégia de gerenciamento ambiental. Os reservatórios do Algodoeiro e Glória, de acordo com os resultados obtidos e analisados no presente trabalho, exigem tipo de controle, visto que as águas desses reservatórios foram classificadas como impróprias para o consumo humano, conforme Resolução CONAMA nº. 357/2005.

REFERENCIAS

BERTOSSI A. P. A., CECÍLIO R. A., NEVES M. A., GARCIA G. O.. **Qualidade da água em microbacias hidrográficas com diferentes coberturas do solo no sul do Espírito Santo**. Revista *Árvore*, Viçosa-MG, v.37, n.1, p.107-117, 2013.

BROL, F. F.; BEUX, L. F.; FREISLEBEN, L.; MINELLA, G.; SOMENSI, C. E. **Avaliação das águas Superficiais da Área de Influência da Usina Hidrelétrica Passo Fundo através da Utilização de Índices de Qualidade Ambiental**. II Seminário sobre estudos limnológicos em clima subtropical, 2010.

CASTRO, M. G. G. M.; FERREIRA, A. P.; MATTOS, I. E.. **Avaliação da Qualidade da Água nos Assentamentos de Reforma Agrária Bernardo Marin II e Mundo Novo, Município de Russas (Ceará, Brasil): um estudo de caso**. *Gaia Scientia*, 3(1): p.63 – 70. 2009.

CONAMA - CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Ministério do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente. 1986. **Resolução No. 20 de 18 de junho de 1986. Enquadramento dos corpos d'água, doce, salina e salobra em função de seus usos**.

CPRH – AGÊNCIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE, **Índice e indicadores de qualidade de água – Revisão da Literatura**. 2010. Disponível em: <<http://www.cprh.pe.gov.br/downloads/indice-agua-volume1.pdf>> Acesso em: 2 de abril de 2014.

CUNHA, D. G. F.; CALIJURI, M. do C.; LAMPARELLI, M. C. **A trophic state index for tropical/subtropical reservoirs (TSItsr)**; Elsevier. *Ecological Engineering*. 60,p.126-134. 2013.

GASTALDINI, M. C. C.; SOUZA, M. D. S.. **Diagnóstico do Reservatório do Vacacaí-Mirim, Santa Maria - RS, Através de Índices de Qualidade de Água**. in Anais do I Seminário sobre Qualidade de Águas Continentais no Mercosul, Porto Alegre, 1994.

GONÇALVES, G. W. P. S. **Urbanização e Qualidade da Água: Monitoramento em Lagos Urbanos de Londrina – PR**. Tese de Mestrado em Geografia da Universidade Estadual de Londrina. 2008.

IAP. INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ. **Monitoramento da Qualidade da Água dos Reservatórios**. Curitiba: IAP, 2014

LARENTIS, D. G., COLLISCHONN, W., TUCCI, C. E. M. **Simulação da Qualidade de Água em Grandes Bacias: Rio Taquari-Antas, RS**. RBRH — *Revista Brasileira de Recursos Hídricos* Volume 13 n.3, 05-22, 2008.

LIMA, W. S.; GARCIA, C. A. B. **Qualidade da Água em Ribeirópolis-SE: O Açude do Cajueiro e a Barragem do João Ferreira**, *Scientia Plena*, Volume 4, Número 12, 2008.

MEIRELES, A. C. M.; FRISCHKORN, H.; ANDRADE, E. M. **Sazonalidade da qualidade das águas do açude Edson Queiroz, Bacia do Acaraú, no Semiárido cearense**. *Revista Ciência Agronômica*, v.38, n.1, p. 25-31, 2007.

MENDONÇA, M. C. S. **Avaliação do Processo de Eutrofização dos Reservatórios Açude da Marcela e Rio Jacarecica através do Índice de Qualidade da Água para Reservatórios.** 49p. TCC do Departamento de Engenharia Química, da Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão. 2014.

MERCANTE, C. T. J, TUCCI-MOURA, A.. **A comparação entre os índices de Carlson e de Carlson modificado aplicados a dois ambientes aquáticos subtropicais.** Acta Limnológica Brasiliensia. V. 11, n. 1, p.1-14, 1999.

TRILHA, M. G. **Estudo do Monitoramento da Qualidade da Água e Ambiental na Área de Influência Direta da Usina Hidrelétrica de Barra Grande.** 2013. Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, SC, 2013.

TUCCI, C. E. M., COLLISCHONN, W. e LARENTIS, D. G.. **Desenvolvimento e Aplicação de Modelo Matemático com Base para Gerenciamento dos Recursos Hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Taquari-Antas.** IPH-UFRGS, rp. 2., Porto Alegre, RS, 2003.

WANG, L.; LIU, L.; ZHENG, B. **Eutrophication development and its key regulating factors in a water-supply reservoir in North China.** Journal of Environmental Sciences. ScienceDirect, 25(5) 962–970 2013.

ANÁLISE DA ESCASSEZ HÍDRICA NO PAÍS NO PERÍODO 2012-2016 E DAS AÇÕES DE GESTÃO EM ÁREAS CRÍTICAS

Sérgio Rodrigues Ayrimoraes Soares

Agência Nacional de Águas – ANA
Brasília - DF

Alexandre Lima de Figueiredo Teixeira

Agência Nacional de Águas – ANA
Brasília – DF

Teresa Luisa Lima de Carvalho

Agência Nacional de Águas – ANA
Brasília – DF

Laura Tillmann Viana

Agência Nacional de Águas – ANA
Brasília – DF

RESUMO: Durante o período de 2012 a 2016 observou-se a existência de baixos índices pluviométricos em algumas regiões do País. Esse evento tem prejudicado de forma significativa a oferta de água para o abastecimento público, especialmente no semiárido brasileiro e nas regiões metropolitanas mais populosas e com maior demanda hídrica (São Paulo e Rio de Janeiro), áreas naturalmente vulneráveis no que se refere ao balanço hídrico qualitativo. Analisou-se então o impacto dos baixos índices de chuvas no semiárido brasileiro, no sistema Cantareira e nas bacias do Paraíba do Sul e na bacia do São Francisco. O resultado revelou redução significativa no armazenamento de água nos reservatórios de

abastecimento dessas regiões, onde medidas regulatórias e ações de fiscalização foram implementadas de forma a reduzir a criticidade identificada. Concluiu-se que tais medidas emergenciais são fundamentais, porém devem ser implementadas em conjunto com ações estruturantes, que garantam maior segurança hídrica a essas áreas vulneráveis.

PALAVRAS-CHAVE – balanço hídrico, segurança hídrica, regulação.

ABSTRACT - During the period between 2012 and 2016, it noted the existence of low rainfall in some Brazilian regions. This event has significantly undermined the water availability for water supply systems, particularly in the semiarid region and in some of the most populous metropolitan regions, with more water demand (São Paulo and Rio de Janeiro), which are naturally vulnerable areas concerning the water balance. The impact of low levels of rainfall was analysed in the semiarid region, in the Cantareira's system and in the Paraíba do Sul river basin. The result revealed a significant reduction in the water storage of the water supply reservoirs in that regions, where regulatory measures and enforcement campaigns were implemented to reduce this critical situation. It was concluded that such emergency measures are essential, but they must be implemented together with structuring actions to ensure

greater water security to these vulnerable areas.

KEYWORDS – water balance, water security, regulation.

1 | INTRODUÇÃO

Desde 2012, observa-se a existência de baixos índices pluviométricos em algumas regiões do País. Esse evento tem prejudicado de forma significativa a oferta de água para o abastecimento público, especialmente no semiárido brasileiro e nas regiões metropolitanas mais populosas e com maior demanda hídrica (São Paulo e Rio de Janeiro). Outros setores que dependem do armazenamento da água para se viabilizarem operacionalmente, como o de irrigação e o de energia hidrelétrica (principal matriz energética do País) também estão sendo afetados pela falta de chuvas e pelo menor volume de água armazenado nos reservatórios.

A compreensão das causas desses baixos níveis de chuva e da dinâmica tendencial da pluviometria interanualmente ainda é imprecisa devido, principalmente, ao curto período de observações dessas anomalias. As causas da crise hídrica não podem ser reduzidas, entretanto, apenas às menores taxas pluviométricas verificadas nos últimos anos, pois outros fatores relacionados à gestão da demanda e à garantia da oferta são importantes para agravar ou atenuar sua ocorrência.

A compreensão da crise hídrica que atualmente se apresenta, a valorização do recurso hídrico como bem público finito e a conscientização da necessidade de um uso mais racional e sustentável da água são essenciais para que se tenha maior garantia da oferta hídrica para os usos múltiplos. Além disso, o investimento em infraestrutura com foco na segurança hídrica também deve ser priorizado, de forma a garantir maior capacidade de reserva e de acesso à água.

Sendo assim, o objetivo deste trabalho é apresentar os principais impactos do regime de chuvas no período de 2012 a 2016 em regiões críticas do país e as medidas implementadas do ponto de vista regulatório.

2 | BALANÇO HÍDRICO E IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS VULNERÁVEIS

O Brasil possui, em termos gerais, uma grande oferta hídrica. Por outro lado, também possui uma diferença significativa entre suas regiões hidrográficas no que diz respeito à oferta e à demanda de água. Nesse contexto, enquanto bacias localizadas em áreas com uma combinação de baixa disponibilidade e grande utilização dos recursos hídricos podem enfrentar situações de escassez e estresse hídrico, outras se encontram em situação confortável, com o recurso em abundância.

Em ANA (2013) realizou-se um diagnóstico das bacias consideradas mais vulneráveis, considerando, de forma integrada, a análise de criticidade sob o ponto

de vista qualitativo e quantitativo (FIGURA 1). Dessa avaliação, tem-se que 16,4 mil km dos cerca de 105 mil km de rios federais no Brasil são considerados de especial interesse para gestão, seja do ponto de vista quantitativo ou qualitativo, o que equivale a 16%.

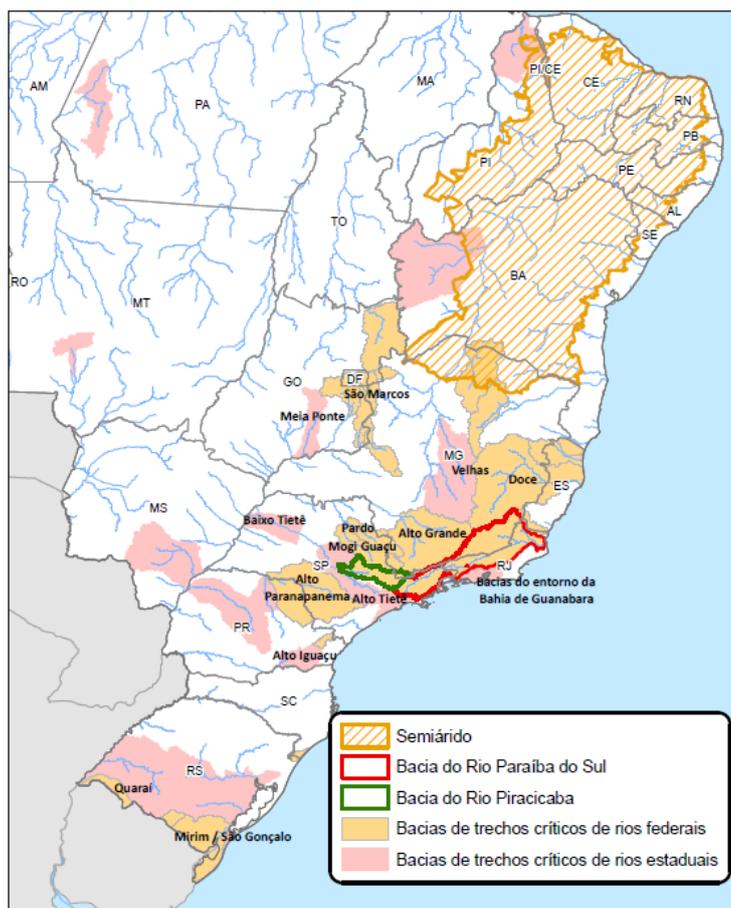


Figura 1 - Bacias de rios de domínio da União e dos Estados com trechos críticos identificados.

A identificação desses trechos críticos em corpos d'água federais (16% do total) tem como objetivo subsidiar o direcionamento das ações de gestão de recursos hídricos. São áreas em que, independente da ocorrência ou não de eventos extremos, requerem atenção especial em função do balanço quali-quantitativo, pois representam áreas de conflito, seja pela concorrência entre usos, seja pela baixa oferta de água, ou pela combinação de ambos os fatores. Naturalmente, eventos extremos que representem acentuada escassez de chuva agravam ainda mais o problema de oferta de água nessas bacias.

Esse comprometimento hídrico possui relação direta com os usos da água existentes. No que se refere ao abastecimento urbano, os resultados do Atlas Brasil (ANA, 2010), juntamente com as informações consolidadas durante o período de seca, possibilitam identificar as cidades que necessitam de reforço de infraestrutura hídrica para a garantia da oferta de água ou de fontes hídricas complementares (novos mananciais), em função da baixa garantia hídrica dos mananciais atualmente explorados em comparação com as demandas atuais e futuras. Essas cidades

que possuem, portanto, maior vulnerabilidade para o abastecimento urbano são identificadas no mapa da FIGURA 2.

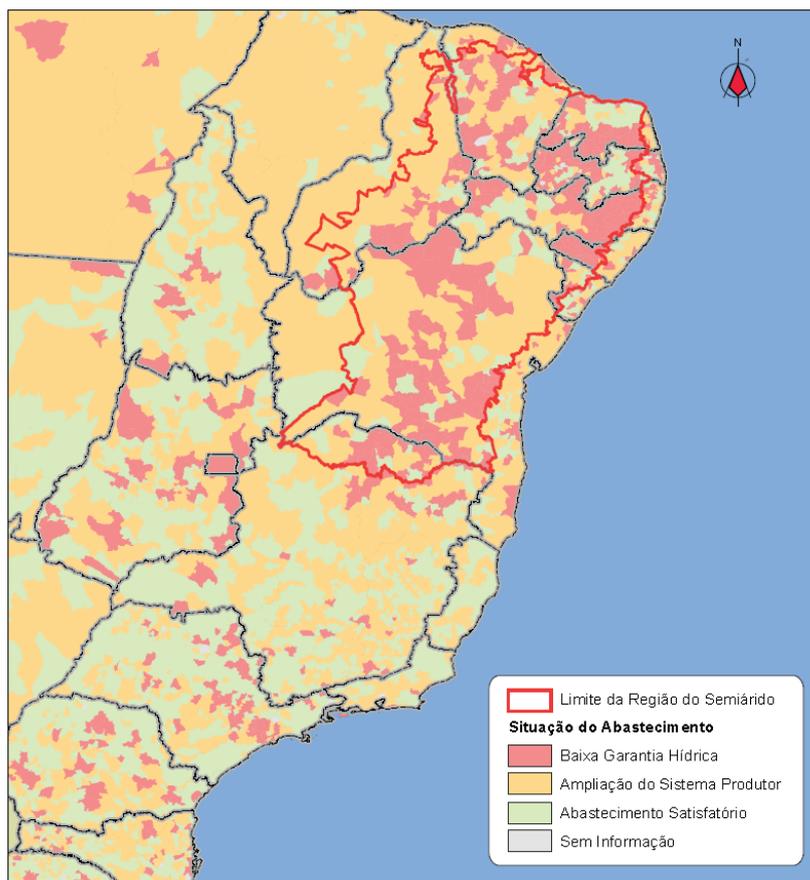


Figura 2 - Situação do abastecimento urbano de água nos municípios brasileiros (ANA, 2010, atualizado a partir de dados da ANA de 2012 a 2013).

Nas áreas críticas apontadas anteriormente, destaca-se uma grande quantidade de municípios da região nordeste com baixa garantia hídrica, além da região denominada de Macrometrópole Paulista, que abrange a Região Metropolitana de São Paulo, a Região Metropolitana de Campinas, a Baixada Santista e áreas adjacentes. Nessa região, se verifica forte interdependência dos mananciais utilizados para abastecimento, que somada a garantia da oferta de água para a Região Metropolitana do Rio de Janeiro, põe em evidência o papel estratégico das bacias dos Alto Tietê, PCJ e Paraíba do Sul para o atendimento simultâneo de todas as regiões.

Esse contexto de vulnerabilidade e complexidade do abastecimento, tanto da Região Nordeste, como do Sudeste (em especial do Eixo SP-RJ), foi agravado pelo regime de chuvas ocorrido no País a partir de 2012.

3 | REGIME DE CHUVAS 2012 – 2016

Desde o segundo semestre de 2012, tem-se observado um comportamento pluviométrico bem abaixo da média em diferentes regiões do País. Para uma análise

do grau de severidade da falta de chuvas nesses últimos anos foram analisados os dados de 950 estações pluviométricas contendo pelo menos os últimos trinta anos de dados.

Análises individuais foram realizadas em cada uma das estações de modo a caracterizar a magnitude destes eventos em relação ao registrado no histórico.

Para avaliar o grau de excepcionalidade dos eventos de chuva entre 2012 e 2016 em relação ao histórico registrado nas estações pluviométricas, foram realizados ajustes estatísticos a partir de distribuições de probabilidade dos acumulados pluviométricos anuais até o ano de 2011, adotando como referência o ano hidrológico de outubro a setembro em cada estação pluviométrica. Deste modo, foi possível realizar estimativas dos tempos de retorno esperados para os anos 2012 a 2016, que foram interpoladas a fim de gerar mapas de tempo de retorno que representem espacialmente o grau de excepcionalidade dos eventos de cheia e de seca ocorridos neste período.

No triênio 2012 a 2014 (FIGURA 3), destaca-se a situação extremamente crítica no Semiárido Brasileiro, verificando-se tempos de retorno superiores a 100 anos em 2012 e 2013, retornando em 2014 a uma frequência normal, mas abaixo da média na porção norte da região, onde na maior parte das estações o ano foi classificado como seco ou muito seco. O ano de 2014 se destacou por seca extrema na região sudeste com probabilidades de ocorrência inferiores a 1% (tempo de retorno superior a 100 anos). A partir de 2015, foram observadas anomalias negativas de chuva e em 2016 o ano também foi classificado como seco a extremamente seco na maior parte do país.

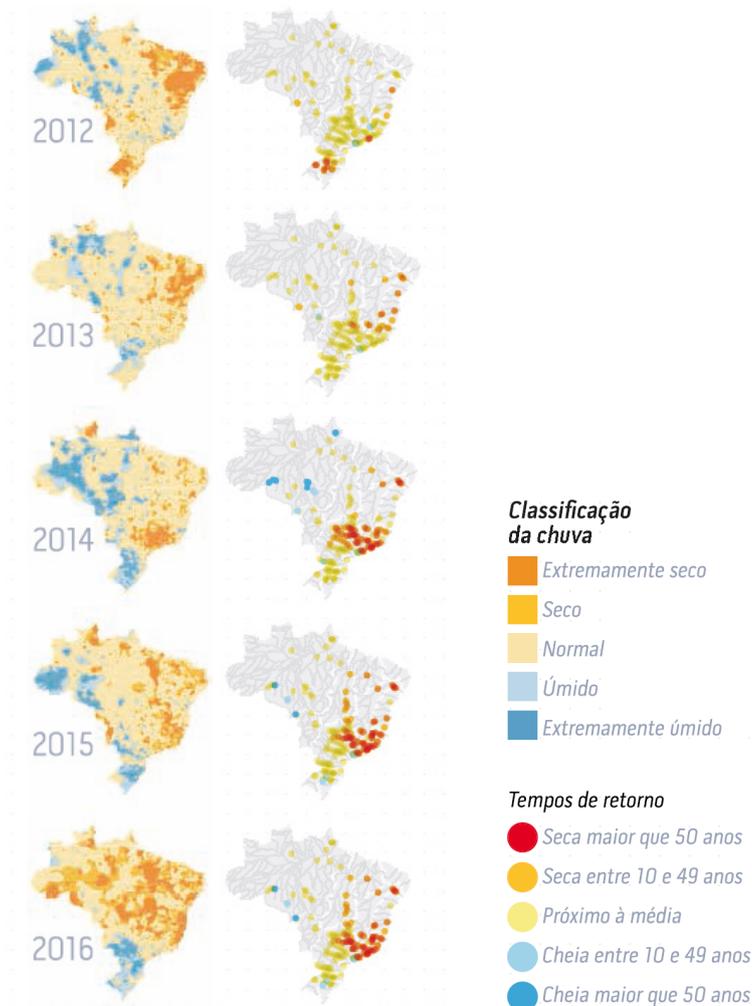


FIGURA 3. Situação da chuva no Brasil nos anos 2012 a 2016 (setembro do ano de referência e outubro do ano anterior).

Fonte: ANA, 2017

Em uma análise geral, o ano de 2012 caracterizou-se como muito crítico em termos climáticos, ocasionando situações dramáticas, com mananciais e estoques sendo deplecionados acentuadamente, seguido de três anos com pouca precipitação (anos secos). O ano de 2016 foi ainda mais crítico que 2015, quando a estiagem atingiu outras regiões do país com maior severidade. De modo geral, ocorreu uma redução de 13% na precipitação. Secas severas foram observadas no sudeste do Pará, no sul do Maranhão, no sudeste do Tocantins, no Distrito Federal, no sudoeste da Bahia, além de outras áreas. Por fim, do ponto de vista da reservação, a trajetória desse período vem ocasionando o uso compulsório dos estoques, sem que tenha havido chuva capaz de amenizar ou promover recarga nos principais reservatórios do País.

De 2013 a 2016, 48 milhões de pessoas foram afetadas por secas e estiagens no Brasil, 6 vezes mais que por cheias. Foram quantificados 4.824 eventos de seca associados a danos humanos, quase 3 vezes mais que os de cheias (1.738). O ano de 2016 foi o mais crítico quanto aos impactos da seca sobre a população (FIGURA 4). Um total de 83% das pessoas afetadas por secas de 2016 a 2016 vivem na Região

Nordeste.

Eventos de seca são aqueles reconhecidos legalmente pelo Poder Público, cuja declaração municipal de “situação de emergência” ou “estado de calamidade pública” é publicado no Diário Oficial pela Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil – SEDEC e pessoas afetadas são aquelas que constam no Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (óbitos, feridos, enfermos, desabrigados, desalojados, desaparecidos, dentre outros).



FIGURA 4. Secas no Brasil de 2013 a 2016.

Fonte: ANA, 2017

4 | SITUAÇÃO DOS PRINCIPAIS RESERVATÓRIOS DE ABASTECIMENTO E DE GERAÇÃO DE ENERGIA E MEDIDAS REGULATÓRIAS ADOTADAS

4.1. Sistema Cantareira

No ano de 2014 registrou-se um valor de vazão média anual igual a 8,70 m³/s, que é o menor valor no histórico desde 1930, o que corresponde a cerca de 22% da média anual do histórico (39,44 m³/s) e a 40% da vazão média de 1953 (21,81 m³/s), que era, até então, o menor valor de vazão média anual do histórico.

Os baixos índices pluviométricos verificados a partir de 2013 e intensificados em 2014 na região onde se localiza o Sistema Cantareira, afetou diretamente o volume de água armazenado nos reservatórios. A partir de maio de 2014 foi necessária a utilização de parte da primeira etapa e da segunda etapa do volume morto desse Sistema, com o intuito de manter o abastecimento público no período mais crítico da seca. O “volume morto” (ou “reserva técnica”) representa o volume de água armazenado abaixo das comportas de um reservatório, o qual necessita de bombeamento para a utilização da água. Em situações críticas de baixo nível de armazenamento de água nos reservatórios, pode ser utilizada como uma “reserva de água” para uso emergencial.

No Sistema Cantareira, o volume morto representa cerca de 33% da capacidade de armazenamento, equivale a aproximadamente 486 bilhões de litros de água. Destes, foram utilizados 182,5 bilhões de litros de água em uma primeira etapa (ocorrida em maio de 2014). Em uma segunda etapa, foi utilizada a segunda reserva técnica do Sistema Cantareira, a qual acrescentou cerca de 105 bilhões de litros de água para utilização. O gráfico a seguir (FIGURA 5) apresenta a evolução na capacidade de armazenamento do Sistema Cantareira ao longo do período mais crítico de estiagens.

O Sistema Cantareira é formado pelos reservatórios de Jaguari-Jacareí, Cachoeira e Atibainha, interligados por túneis e canais, que juntos funcionam como um reservatório equivalente (somatório do volume dos reservatórios representativos de uma região).



FIGURA 5 – Evolução do estoque de água nos reservatórios do Sistema Cantareira.

Fonte: ANA, 2017

A partir das recomendações dos órgãos gestores de recursos hídricos, medidas regulatórias foram implementadas visando ao enfrentamento da estiagem, como por exemplo as resoluções ANA/DAEE nº 335, de 5 de março de 2014; ANA/DAEE nº 336, de 5 de março de 2014; e ANA/DAEE nº 699, de 27 de maio de 2014. Condições especiais de operação do sistema considerando a sazonalidade e o agravamento da situação de reservação, restrições de uso da água, o estabelecimento de vazões máximas de retirada, além da gestão da demanda a partir de bonificação tarifária para a redução do consumo foram algumas medidas tomadas para gerenciar o risco de desabastecimento. Durante todo o ano de 2014, com o agravamento da seca, a ANA intensificou as ações de fiscalização, tanto no entorno dos reservatórios que compõe

o Sistema Cantareira, quanto nos demais mananciais das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá. Ademais, foram realizados sobrevoos e estudos com imagens de satélite para identificação de usos e barramentos irregulares, bem como foi aumentada a quantidade de vistorias em campo, inclusive com a verificação in loco de pontos de monitoramento que compõem a Rede Telemétrica do Sistema Cantareira.

4.2. Sistema Hidráulico Paraíba do Sul

Como consequência dos baixos níveis de chuva e do menor volume de água afluente aos reservatórios do Sistema hidráulico da bacia do Paraíba do Sul, o nível de armazenamento também sofreu reduções. Os principais reservatórios do Sistema Equivalente do Complexo Hidráulico Paraíba do Sul são Paraibuna, Santa Branca, Jaguari e Funil, interligados por túneis e canais e sistemas elevatórios como Santa Cecília e Vigário (FIGURA 6).



FIGURA 6 – Esquema do Sistema Equivalente do Complexo Hidráulico Paraíba do Sul

Fonte:ANA, 2017

A FIGURA 7 apresenta a evolução a partir de 2012 do armazenamento de água no reservatório equivalente do Paraíba do Sul. O ano de 2014 foi o período de queda mais acentuada no volume armazenado dos reservatórios de abastecimento de água da RM Rio de Janeiro presentes na bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul (FIGURA 8). Em termos de volume útil no Reservatório Equivalente do Paraíba do Sul, partiu-se 51,7% no final de dezembro/2013 para 2,6% no final de dezembro/2014. Verifica-se

que não houve recuperação de volumes no período úmido (primeiro trimestre). Em fevereiro de 2015 o reservatório equivalente atingiu o volume útil de 0,33%, o menor valor observado em todo o histórico.

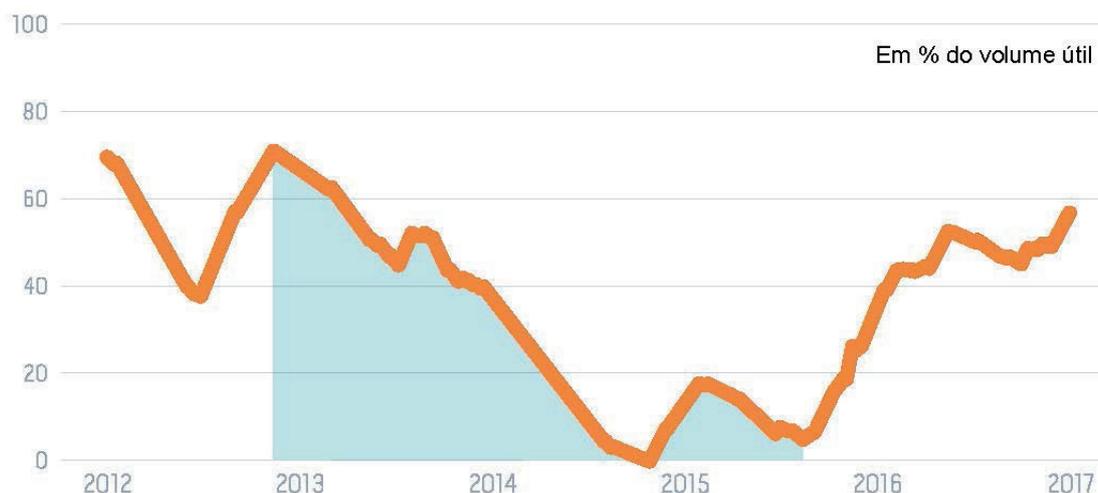


FIGURA 7 – Evolução do estoque de água no Sistema Equivalente do Complexo Hidráulico Paraíba do Sul.

Fonte: ANA, 2017

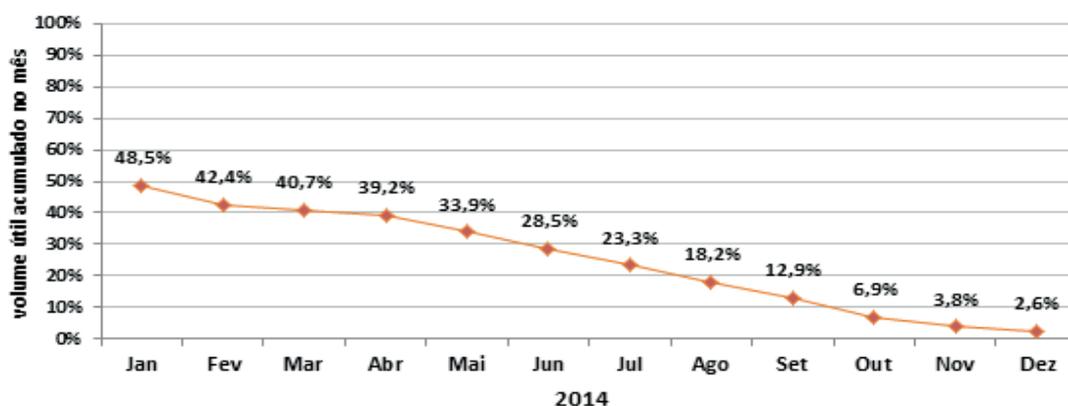


FIGURA 8. Evolução no armazenamento do Sistema Equivalente do Complexo Hidráulico Paraíba do Sul (vol. acumulado no mês em relação ao volume útil do reservatório).

A diminuição da vazão objetivo mínima em Santa Cecília foi objeto de resoluções pela ANA especialmente em 2014. Em maio daquele ano, a vazão mínima afluente em Santa Cecília passou de 190 m³/s para 173 m³/s. Desde então, novas reduções foram autorizadas e, em agosto de 2014, a Resolução ANA nº 1.309 autorizou a flexibilização da vazão mínima afluente à barragem de Santa Cecília para 160 m³/s. A Resolução ANA nº 2.051, de 23 de dezembro de 2014, autorizou a redução da vazão objetivo mínima à barragem de Santa Cecília de 190 m³/s para 140 m³/s, até 31 de janeiro de 2015. Posteriormente, a Resolução ANA nº 205 de 23 de maio de 2015 reduziu, até o dia 30 de junho de 2015, o limite mínimo de vazão afluente à barragem de Santa Cecília, no rio Paraíba do Sul, de 190 m³/s para 110 m³/s, o que foi prorrogado por

sucessivas resoluções da ANA ao longo de 2015 e 2016 (FIGURA 9).

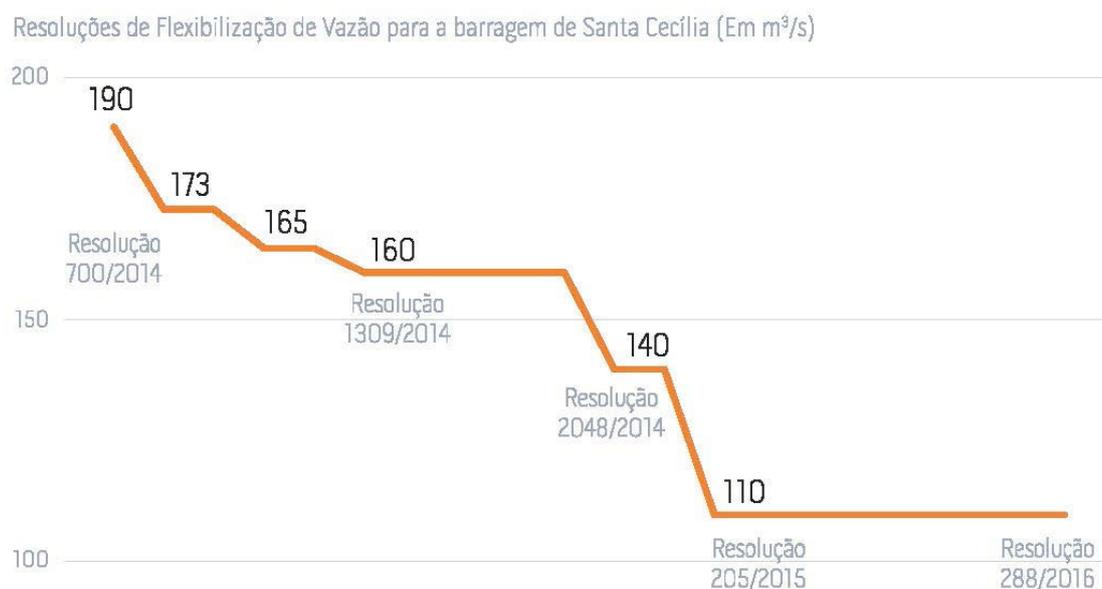


FIGURA 9 – Redução de vazões afluentes à Estação Elevatória de Santa Cecília.

Fonte:ANA, 2017

A diminuição de vazão é acompanhada de avaliações periódicas dos impactos da medida sobre os diversos usos da água na bacia do Paraíba do Sul, que observam a partição da diminuição de vazão que fluirá a jusante da barragem de Santa Cecília e da vazão de bombeamento que alcança o rio Guandu, a jusante da Usina de Pereira Passos. Essas análises são feitas pela ANA, pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) e pelo Governo do Estado do Rio de Janeiro, com o apoio do Comitê de Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (CEIVAP) e do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Guandu.

4.3. Semiárido brasileiro

Ao analisar a evolução do estoque de água nos reservatórios do nordeste brasileiro (FIGURA 10) percebe-se que, exceto para a Bahia e o Piauí, o armazenamento dos demais sofreu uma redução gradativa durante o período. De janeiro a dezembro de 2016 foi observado um decréscimo de 1,71% no volume armazenado do Reservatório Equivalente da região Nordeste. Como reflexo da seca de quatro anos consecutivos, em dezembro de 2016, 65 dos açudes que fornecem água para abastecimento público encontravam-se secos e o volume de água correspondia a 11,5% da capacidade total de armazenamento.

Particularmente os Estados do Nordeste Setentrional (Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco) tem 87,8% do território localizado no semiárido e sofrem com a crise de água desde 2012, devido à mais severa e longa seca desde o início do século XX.

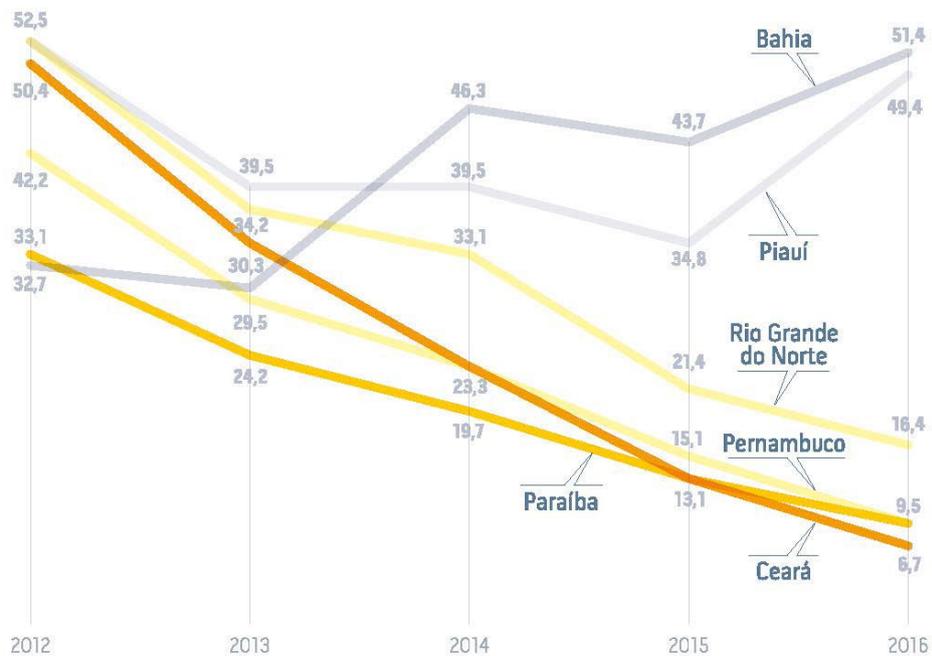


FIGURA 10. Evolução do volume de armazenamento do Reservatório Equivalente do Nordeste de 2012 a 2016 (% do volume armazenado em relação à capacidade dos reservatórios)

Fonte: ANA, 2017

Desde 2012, a bacia do São Francisco vem enfrentando condições hidrológicas adversas com vazões e precipitações abaixo da média o que influenciou diretamente no armazenamento de seus reservatórios. Entre 2014 a 2016 foram registradas as menores vazões naturais médias no reservatório de Sobradinho desde 1931 (FIGURA 11).



FIGURA 11. Evolução do volume armazenado de água nos principais reservatórios da Bacia do Rio São Francisco.

Fonte: ANA, 2017

Com o objetivo de priorizar o abastecimento humano, foram estabelecidas regras de restrições de uso em alguns rios e açudes. As ações variaram da redução da vazão de defluência de água dos reservatórios (FIGURA 12) até a fixação de dias alternados para captação de água em rios e açudes ou mesmo a suspensão temporária dos usos. Termos de alocação negociada de água - processo de gestão empregado para disciplinar os usos em sistemas hídricos assolados por estiagens intensas, com emergência ou forte potencial de conflito - foram elaborados e firmados em diferentes reservatórios e sistemas hídricos.



Figura 12. Atos normativos da Agência Nacional de Águas para redução das vazões defluentes das UHEs Sobradinho e Xingó.

Fonte: ANA, 2017

Apesar da redução das vazões defluentes, em dezembro de 2015 chegou-se a 4% o volume armazenado no reservatório equivalente da Bacia do São Francisco e a 1% no reservatório da UHE Sobradinho. As chuvas de janeiro de 2016, combinadas com as reduções das vazões defluentes amenizaram a situação e possibilitaram um aumento de volume, mas a partir de março de 2016, houve nova redução nas vazões afluentes ao sistema, ocasionando redução do volume útil para quase 2%.

No que se refere às ações de fiscalização, o foco foi a mitigação dos efeitos da seca, sendo priorizadas ações educativas e de averiguação do cumprimento das regras de restrição de uso da água estabelecidas, com o objetivo de se garantir a disponibilidade hídrica dos reservatórios e o abastecimento humano dos municípios que dependem dos mesmos.

5 | ANÁLISE FINAL

A partir dos estudos e análises apresentados verifica-se no Brasil a ocorrência de áreas com maior vulnerabilidade quanto à oferta de água, tanto em termos de quantidade quanto de qualidade dos recursos hídricos. Com a escassez atípica de chuvas verificadas na Região Nordeste desde 2012 e na Região Sudeste desde 2013 (e que se intensificou em 2014), essas características de vulnerabilidade dos recursos hídricos já identificadas se agravaram ainda mais.

Por isso, medidas emergenciais foram implementadas nessas regiões de modo a minimizar os impactos do menor volume de água armazenado nos reservatórios para os usos múltiplos. Quanto ao abastecimento público, algumas cidades entraram em racionamento e em outras foi necessário a utilização de carros-pipa para o abastecimento de uma parcela da população. Naqueles municípios, entretanto, com uma melhor infraestrutura hídrica (seja pela existência de reservatórios de maior tamanho, ou pela interligação destes formando um sistema de abastecimento público), verificou-se menor vulnerabilidade quanto à segurança hídrica. Eles conseguiram se recuperar com maior rapidez ou sofreram menores impactos oriundos da crise hídrica estabelecida pela escassez de chuvas.

Com isso, apesar da importância das ações de gestão e regulação, deve-se ter atenção especial com as ações estruturantes necessárias para garantir maior segurança hídrica aos sistemas de abastecimento e às atividades produtivas. O Atlas Brasil (ANA, 2010) apresenta um diagnóstico da disponibilidade hídrica e da capacidade dos sistemas produtores de água do País, apontando alternativas para que as demandas urbanas de água sejam atendidas até 2025. Atualmente o Atlas Brasil está sendo atualizado e contará com um diagnóstico da situação tendo como referência o ano de 2020 com projeções para 2025 e 2035 para todos os municípios do País e, para os municípios com população superior a 250.000 habitantes, serão consideradas adicionalmente projeções para o ano de 2050. Nesse contexto, também está em fase final de elaboração pela ANA, em parceria com o Ministério da Integração Nacional, o “Plano Nacional de Segurança Hídrica” que tem como objetivos principais definir diretrizes, conceitos e critérios que permitam a seleção e detalhamento das principais intervenções estratégicas do país para garantia da oferta de água e redução dos riscos associados a eventos críticos.

Para a implementação das ações previstas nos Planos de Recursos Hídricos e nos estudos de planejamento, como os citados anteriormente, a construção de um pacto institucional entre os atores envolvidos é fundamental de forma a propiciar a atuação coordenada de diversos setores. Destaca-se, por fim, a importância da integração da gestão de recursos hídricos com as políticas setoriais, com a gestão ambiental e com o uso e ocupação do solo em função da interdependência de seus instrumentos e ações.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. **Relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2013: relatório pleno**. Brasília – DF, 2013. 432p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. **Relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2017: relatório pleno**. Brasília – DF, 2017. 169p

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Boletins de Monitoramento dos Reservatórios do Sistema Hidráulico do Rio Paraíba do Sul**. v. 9 e 10. Brasília - DF, mar/2014 a jan/2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – Ana. **Atlas Brasil – Abastecimento Urbano de Água: panorama nacional**. Brasília – DF, 2010. 68p.

DIMENSIONAMENTO ECONÔMICO DE REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA: OTIMIZAÇÃO EVOLUTIVA CONSIDERANDO CUSTOS DE MANUTENÇÃO

Marcos Rodrigues Pinnto
Marco Aurélio Holanda de Castro
João Marcelo Costa Barbosa
José Valmir Farias Maia Junior

RESUMO: Um sistema de distribuição de água (SDA) tem como principal fator de custo os condutos nela empregados. Portanto, muitas pesquisas sobre o dimensionamento de um SDA considerando o preço de cada conduto já foi desenvolvida. No entanto, poucos estudos levaram em conta os custos de manutenção do sistema ao longo de sua vida útil. Menos ainda podem ser encontrados estudos lidando com o custo de manutenção e de implantação de forma simultânea. Este estudo aplicou um algoritmo evolutivo biobjetivo e multipopulação para resolver o problema de determinar a frente de Pareto que relacione esses dois objetivos conflitantes. Os resultados obtidos pelo algoritmo são comparados com resultados de outro programa de dimensionamento econômico de redes.

PALAVRAS-CHAVE: Hidráulica Computacional; Algoritmos Evolutivos; Otimização Multiobjetivo.

ABSTRACT: since 1980's, the economic sizing of a water distribution network had received focus on the implantation cost. Pipes with diameters more thin have minor price, so in absence of

hydraulics restrictions, this problem will have as solution a network with more thin pipes. Hence solution from these approaches prioritize the more thin pipes since hydraulics restriction were satisfied. But, after a certain age, it would be more cost-effective to replace the pipes than to repair them. Then while incorporating pipe-break rate into optimization leads to slightly larger diameter pipes and elevate implanting cost, in lifetime the repair and replacement of pipes will have its cost decreased, as we shall show in this work. We not only compare the cost with and without maintenance cost but we proceed the simultaneous minimization via a multi-objective evolutionary algorithm.

KEYWORDS: Computational Hydraulic; Evolutionary Algorithms; Multi-objective Optimization.

INTRUDUÇÃO

O dimensionamento econômico de redes de distribuição de água a partir dos anos 1980 tem como principal objetivo a minimização do custo de implantação da rede (PINTO; FIGUEIRA; MARQUES, 2015; SHERALI; SMITH, 1997; ALENCAR-NETO; CASTRO, 2004; CASTRO; COSTA, 2004; GOMES; DIAS, 2007; MAIA-JUNIOR, 2013). As redes obtidas em um dimensionamento que considere

somente o custo de implantação, ausentes as restrições hidráulicas, resultará em uma rede composta pelos condutos de diâmetro mais estreito, pois representam os de menor preço. Isso conduz à conclusão de que, ao considerar apenas o custo de implantação, obtem-se a rede de condutos mais estreitos que atenda às restrições hidráulicas.

No entanto, canos mais estreitos estão relacionados a taxas de quebra mais elevadas (NEELAKANTAN; SURIBABU; LINGIREDDY, 2008) e, portanto, necessitando mais reparos e substituições ao longo da vida útil da rede. Essa maior frequência em reparos e substituições pode elevar o custo de manutenção de forma a comprometer a economia realizada na implantação da rede.

A abordagem proposta neste trabalho inclui os custos de manutenção e de implantação no dimensionamento de uma rede e compara os custos da rede obtida com os respectivos custos quando o dimensionamento é realizado considerando-se apenas custos de implantação. A multiobjetividade envolvendo o projeto de uma RDA consiste em encontrar uma linha de troca aceitável entre os diversos objetivos conflitantes (RAAD; SINSKE; VUUREN, 2010), especialmente os que visam minimizar custo e maximizar outras características como a confiabilidade hidráulica.

A confiabilidade de um sistema de distribuição de água, i.e., a característica de fornecer o serviço para o qual foi planejada (CARRIÓN et al., 2010), depende de mecanismos de degradação e da integridade dos condutos, a qual pode ser influenciada por processos termo-hidráulicos – além de dependerem da confiabilidade dos equipamentos instalados e da fonte de suprimento (RIMKEVICIUS et al., 2012).

Dessa forma, implementar uma rede de custo mínimo desconsiderando a sua confiabilidade pode resultar em custos maiores durante a vida útil da mesma, contabilizados os custos de reparo propriamente ditos e o custo do inconveniente suportado devido à eventual falha no fornecimento (SHERALI; SMITH, 1997).

Uma das dificuldades no processo de otimização de uma RDA é a disponibilidade de um número limitado de diâmetros de condutos no mercado. A combinação de condutos de diversos diâmetros para compor a rede deve atender a restrições hidráulicas para que a mesma seja funcional. Condutos com diâmetros maiores tendem a ser mais caros, sendo portanto preteridos na implantação. No entanto, condutos de diâmetros menores tendem a quebrar com mais frequência e sofrer mais facilmente com o processo de aumento da rugosidade ao longo da vida útil da rede (SHAMIR, 1979).

METODOLOGIA

Considerando o problema como um problema combinatório com restrição, aplicou-se um método heurístico de busca para encontrar uma solução melhor que a vasta maioria de soluções possíveis. O algoritmo MINPGA (Multiple Island Niched-

Pareto Genetic Algorithm) resolveu o problema de otimização com dois objetivos: minimizar o custo de implantação (CI) e minimizar o custo de manutenção (CM).

Funções da biblioteca OOTEN (Oriented Object Toolkit for EPANET) foram utilizadas para: abrir o arquivo INP; capturar o número de condutos na rede em estudo; capturar os comprimentos dos condutos; alterar os diâmetros da rede original; resolver hidráulicamente a rede; capturar as pressões nos nós para verificar a restrição hidráulica de que, exceto ao de um reservatório, a nenhum nó é permitido ter pressão menor que 10 mca.

Os diâmetros disponíveis para os condutos somam em nove e foram associados ao anel algébrico \mathbb{Z}_9 da forma mostrada na tabela 1:

Diâmetro Interno (mm)	54.6	77.2	100	156.4	202.2	252	299.8	394.6	498.4
Elemento de \mathbb{Z}_9	0	1	2	3	4	5	6	7	8

Tabela 1- Diâmetros internos associado ao anel algébrico

O custo de implantação é calculado aplicando-se a equação 1:

$$CI = \sum_{i=1}^n C_{di} L_i \quad 1$$

Na equação equação 1:

- CI → Custo de Implantação do projeto de RDA (R\$);
- n → Número de trechos presentes na RDA;
- C_{di} → Custo associado ao diâmetro no trecho i (R\$/m);
- L_i → Comprimento do i-ésimo trecho (m).

A equação 2

$$CM = \sum_{j=1}^r \left(\frac{1}{(1+i)^j} \sum_{k=1}^t p_r \exp(A \cdot j) I_{(k)} l_{(k)} \right) \quad 2$$

representa o custo de manutenção ao longo da vida útil do projeto, tendo os seguintes parâmetros:

- CM → Custo de Manutenção do projeto de RDA (R\$);
- r → Número de anos de vida útil da rede considerada;
- t → Número de trechos presentes na rede;
- p_r → Taxa de quebra por período (quebra/ano-km);
- $I_{(k)}$ → Custo de implantação por medida de comprimento do trecho k com diâmetro $d_{(k)}$ (R\$/m);
- $l_{(k)}$ → Comprimento do k-ésimo trecho (m).
- i → Taxa de desconto por ano.
- A → Coeficiente de crescimento da taxa de quebra por ano.

As taxas de quebra utilizadas na função-objetivo CM foram adaptadas da literatura. O coeficiente de crescimento da taxa de quebra é oriundo de Neelacantan et al. (2008), a saber, $A=0,01$.

Os números de quebras por ano por quilômetro no início do processo atribuídas a cada conduto de acordo com seu diâmetro e o respectivo preço por unidade comprimento estão dispostas na tabela 2.

Diâmetro Interno (mm)	54.6	77.2	100.0	156.4	202.2	252.0	299.8	394.6	498.4
Taxa de Quebra (quebra/ano-km)	0.25	0.22	0.19	0.16	0.13	0.10	0.07	0.04	0.01
Preço (R\$/m)	17.4	22.49	29.86	50.69	77.74	112.38	152.87	271.33	429.39

Tabela 2- Taxa de quebra por ano-quilômetro

RESULTADOS

A rede Hanoi é composta por 32 nós, 34 trechos e 3 voltas. Há um reservatório de carga fixa de 100 m no nó 1. O dimensionamento foi efetuado considerando-se nove possibilidades de diâmetros, em vez de seis, como encontrado em geral na literatura. Esse tipo de adaptação não é novidade na literatura (veja por exemplo: SHERALI e SMITH, 1997, p. 124). Os nove diâmetros são os seis comumente vistos na literatura adicionados de mais três extraídos de manuais de fabricantes. A pressão mínima a ser respeitada neste exemplo é de 30 m e a elevação é zero em todos os nós. O material considerado foi o ferro fundido, cujos preços em reais (R\$) por metro (m) de comprimento de acordo com o diâmetro e as respectivas taxas de quebra estão na tabela 3.

Diâmetro Interno (mm)	304.8	406.4	508	609.6	762	1016	1095.6	1217	1292.6
Custo (R\$/m)	261.03	355.32	430.71	892.1	1269.67	2225.68	2681.69	3179.76	3719.89
TaxaQuebra (quebra/ano-km)	0.1	0.07	0.04	0.01	0.007	0.004	0.001	0.0007	0

Tabela 3 - Preços de por metro de comprimento conforme diâmetro (mm)

Fonte: autor.

As taxas de quebra de acordo com diâmetro são hipotéticas, mas seguem a tendência decrescente com o diâmetro dos condutos. Os preços têm por base os fornecidos por fabricantes. A taxa de juros aplicada foi de 4% como nos casos anteriores.

O módulo UFC4 não reconheceu a rede Hanoi para dimensioná-la. Utilizou-se então o LENHSNET acoplado ao EPANET 2.0 BRASIL para dimensionar essa rede sob as mesmas condições do ONEBEAR. Ao contrário do que foi feito no módulo UFC4, o LENHSNET não foi modificado para considerar o custo de manutenção. Assim, tomou-

se o resultado do dimensionamento visando ao custo mínimo de implantação do projeto e calculou-se o custo de manutenção ao longo de vinte anos. Os os comprimentos de cada trecho e demanda por nó estão na tabela 4-a e 4-b.

Trecho	Comprimento (m)	Nó	Demanda por nó	
			m³/h	L/s
1	100	2	890	247.22
2	1350	3	850	236.11
3	900	4	130	36.11
4	1150	5	725	201.39
5	1450	6	1005	279.17
6	450	7	1350	375.00
7	850	8	550	152.78
8	850	9	525	145.83
9	800	10	525	145.83
10	950	11	500	138.89
11	1200	12	560	155.56
12	3500	13	940	261.11
13	800	14	615	170.83
14	500	15	280	77.78
15	550	16	310	86.11
16	2730	17	865	240.28
17	1750	18	1345	373.61
18	800	19	60	16.67
19	400	20	1275	354.17
20	2200	21	930	258.33
21	1500	22	485	134.72
22	500	23	1045	290.28
23	2650	24	820	227.78
24	1230	25	170	47.22
25	1300	26	900	250.00

Tabela 4 – a) Comprimento por trecho (1-25) e demanda por nó - Hanoi

Trecho	Comprimento (m)	Nó	Demanda por nó	
			m³/h	L/s
26	850	27	370	102.78
27	300	28	290	80.56
28	750	29	360	100.00
29	1500	30	360	100.00
30	2000	31	105	29.17
31	1600	32	805	223.61
32	150			
33	860			
34	950			

Tabela 4 – b) Comprimento por trecho (26-34) e demanda por nó - Hanoi

Fonte: autor.

O traçado da rede Hanoi está disposto na Figura 1.

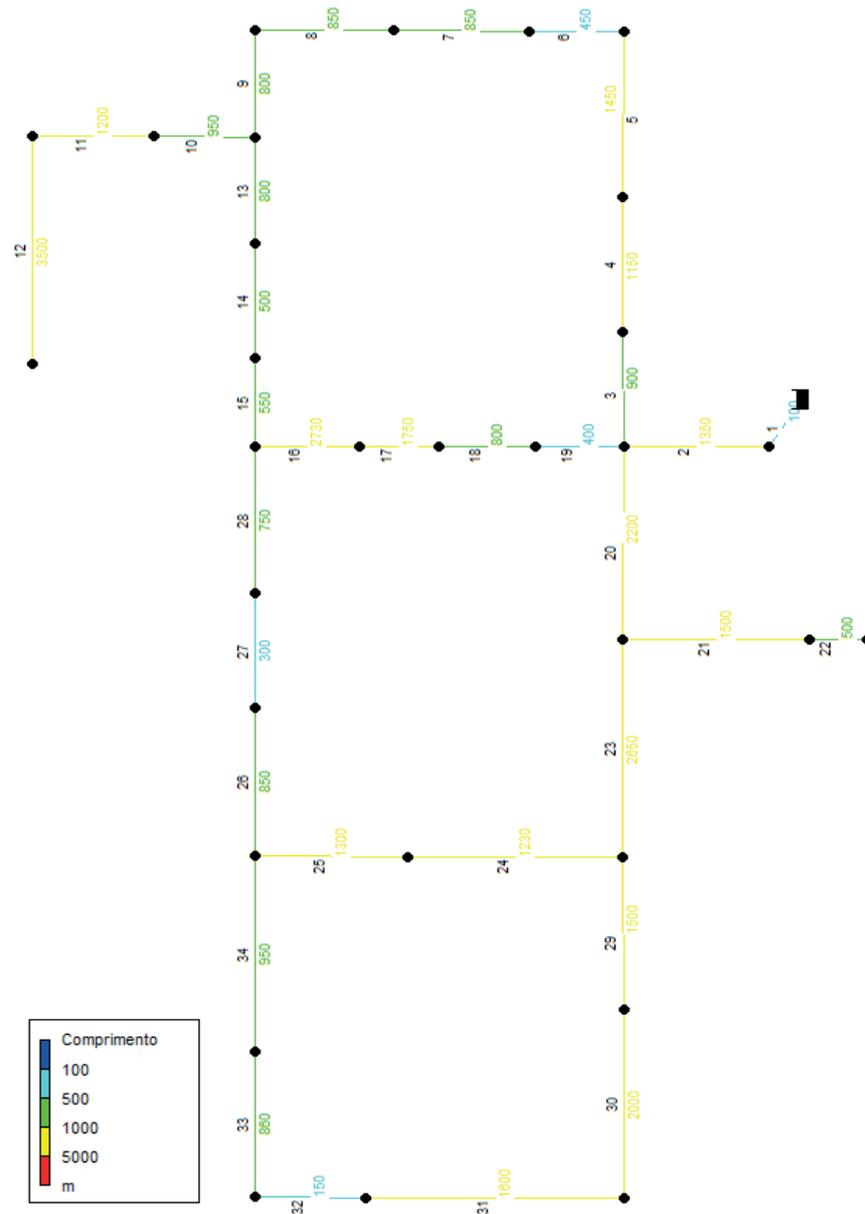


Figura 1 - Rede Hanoi

Fonte: http://www.lenhs.ct.ufpb.br/?page_id=489

Os resultados do dimensionamento efetuado pelo LENHSNET e pelo ONEBEAR estão dispostos na tabela 5.

	CI	CM	Total
ONEBEAR	R\$41.462.264,60	R\$486.452.282,98	R\$ 527.914.547,58
LENHSNET	R\$37.817.989,30	R\$750.753.790,99	R\$ 788.571.780,29

Tabela 5 - Resultados para a rede Hanoi

Fonte: autor.

A função-objetivo do LENHSNET não foi adaptada para considerar o custo de manutenção, portanto, seu dimensionamento teve como meta obter o custo mínimo

de implantação de projeto. Com os diâmetros obtidos para compor a rede ótima, foram feitos os cálculos para determinar o custo de manutenção sob as mesmas condições dadas ao ONEBEAR, como taxa de juros e taxa de quebra por ano.

Isso o conduziu a encontrar um CI menor em cerca de 9% do que o encontrado com a rede fornecida pelo ONEBEAR. Esse resultado confirma a expectativa de que, a menos de restrições hidráulicas, o algoritmo tende a encontrar as redes com diâmetros mais estreitos, preterindo os diâmetros mais largos. Em outras palavras, o algoritmo encontrará a rede com os menores diâmetros que satisfaça às restrições hidráulicas presentes.

Por outro lado, ao considerar-se uma vida útil de vinte anos, o CM da rede dada pelo LENHSNET custa 54,33% mais que o CM da rede obtida pelo ONEBEAR.

Isso se dá porque, ao considerar o CM simultaneamente ao CI, o algoritmo MINPGA busca o equilíbrio entre taxas de quebra mais baixas e preços menores de condutos. De acordo com a hipótese assumida – as taxas de quebra diminuem à medida que os diâmetros aumentam – a vantagem buscada pelo algoritmo está no longo prazo, dada uma taxa de juros e o número de anos. Ao desconsiderar o CM, o dimensionamento feito pelo LENHSNET, ou por outro algoritmo, tenderia a obter redes contendo os diâmetros com as maiores taxas de quebra e portanto apresentando desvantagem econômica a longo prazo.

Outra diferença entre resultados obtidos com a abordagem de objetivo único em relação à de objetivo múltiplo é que na primeira, mesmo considerando os custos de manutenção em sua função-objetivo, o algoritmo tende a encontrar os diâmetros satisfazendo restrições hidráulicas, como a pressão mínima, de forma que o custo total seja o menor possível sem buscar um equilíbrio entre os custos de implantação e de manutenção. Essa característica pode levar a soluções que priorizem um dos custos em detrimento do outro.

CONCLUSÕES

O dimensionamento de redes efetuado considerando-se simultaneamente os custos de implantação e de manutenção, pode representar uma economia no custo total do projeto ao longo de sua vida útil. No caso avaliado, dentro das condições dadas, a economia do projeto dimensionado considerando-se simultaneamente os custos de implantação e de manutenção foi de cerca de 15%.

O problema combinatório com restrição que se apresenta foi resolvido de forma eficiente por uma heurística bio-inspirada. A acoplagem da ferramenta OOTEN ao MINPGA funcionou de forma estável e foi fundamental para a avaliação das redes com respeito a requisitos hidráulicos e o atendimento da demanda.

REFERÊNCIAS

ALENCAR-NETO, M.F., CASTRO, M.A.H. “Projeto de Redes de Distribuição de Água por Algoritmo Genético”, in: IV SEREA - Seminário Hispano-Brasileiro sobre Sistemas de Abastecimento Urbano de Água, João Pessoa (Brasil), 8 a 10 de novembro de 2004.

BOIX, M., MONTRASTUC, L., PIBOUULEAU L., AZZARO-PANTEL, C., DOMENECH, S. A multiobjective optimization framework for multicontaminant industrial water network design. *Journal of Environmental Management*, vol. 92, pp. 1802-1808, doi:10.1016/j.jenvman.2011.02.016, 2011.

CARRIÓN, A., SOLANO, H., GAMIZ, M.L., DEBÓN, A. Avaluation of the Reliability of a Water Supply Network from Right-Censored and Left-Truncated Break Data. *Water Resour Manage*, vol. 24, 2010, pp 2917-2935.

CASTRO, M. A. H de. COSTA, C. T. “Otimização de Redes de Distribuição de Água Usando a Metodologia de Morgan e o EPANET”, in: IV SEREA - Seminário Hispano-Brasileiro sobre Sistemas de Abastecimento Urbano de Água, João Pessoa (Brasil), 8 a 10 de novembro de 2004.

DIAS, C.H. e GOMES, F.A.M. Otimização de redes de distribuição de água com estações de bombeamento. *TEMA - Tendências em Matemática Aplicada e Computacional*, 8(3):391- 400, 2007.

MAIA-JUNIOR, J.V.F. Comparação de métodos de dimensionamento em redes de distribuição de água. 2012, 145 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil – Recursos Hídricos) – Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

RAAD, D., SINSKE, A., VUUREN, J. Multiobjective Optimization for Water Distribution System Design Using a Hyperheuristic. *Journal of Water Resources Planning and Management*, DOI: : 10.1061/#ASCEWR.1943-5452.0000061, vol. 136, pp. 592-596, 2010.

RIMKEVICIUS, S.; KALIATKA, A.; VALINCIUS, M.; DUNDULIS, G.; JANULIONIS, R.; GRIBENAS, A.; ZUTAUTAITE, I. Development of approach for reliability assessment of pipeline network system, *Applied Energy*, vol. 94, pp 22-33, June 2012.

SHAMIR, U., HOWARD, C.D.D. An analytic approach to scheduling pipe replacement. *Journal American Water Works Association*, ed. 74, vol. 03, pp 248-258, 1979.

SHERALI, H.D., SMITH, E.P. A Global Optimization Approach to a Water Distribution Network Design Problem. *Journal of Global Optimization*, vol. 11, pp. 107–132, 1997.

NEELAKANTAN, SURIBABU, C.R. & LINGIREDDY, S. Optimisation procedure for pipe-sizing with break-repair and replacement economics. *Water SA* Vol. 34 No. 2 April 2008.

PINTO, F.S.; FIGUEIRA, J.R.; MARQUES, R.C. A multi-objective approach with soft constraints for water supply and wastewater coverage improvements. *European Journal of Operational Research*, vol. 246, No 2, pp 609-618, November 2015.

CONSIDERAÇÕES E REFLEXÕES SOBRE O QUADRO DE CRISE NO ABASTECIMENTO PÚBLICO DE ÁGUA DA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE – MG: O CASO DA BACIA DO ALTO RIO DAS VELHAS

Bernardo Ribeiro Filizzola

Universidade Federal de Minas Gerais, IGC,
Departamento de Geografia Belo Horizonte – MG

Cristiano Pena Magalhães Marques

Universidade Federal de Minas Gerais, IGC,
Departamento de Geografia Belo Horizonte – MG

Rodrigo Silva Lemos

Universidade Federal de Minas Gerais, IGC,
Departamento de Geografia Belo Horizonte – MG

Antônio Pereira Magalhães Junior

Universidade Federal de Minas Gerais, IGC,
Departamento de Geografia Belo Horizonte – MG

Guilherme Eduardo Macedo Cota

Universidade Federal de Minas Gerais, IGC,
Departamento de Geografia Belo Horizonte - MG

RESUMO: O recente quadro de escassez hídrica vigente em grande parte do país tem suscitado debates e a busca por soluções que atendam as demandas de água e minimizem os conflitos de uso. A bacia do Alto Rio das Velhas (MG) concentra os principais mananciais de abastecimento de água de Belo Horizonte, e ilustra de modo particular como este quadro de escassez veio agravar o panorama de riscos de não atendimento das demandas hídricas. O trabalho busca, a partir deste estudo de caso, levantar considerações e reflexões sobre o quadro de “crise” hídrica e conflitos de uso

na Região Metropolitana de Belo Horizonte no período 2013-2015. A argumentação leva o leitor a refletir sobre a necessidade de constatação que no centro dos debates desta crise de escassez não deve estar a relativa redução dos índices pluviométricos nos últimos anos, e sim os históricos problemas de ineficiência dos processos de gestão dos recursos hídricos no Brasil.

PALAVRAS-CHAVE: Abastecimento de água; Gestão de recursos hídricos; Crise de escassez hídrica.

ABSTRACT: The recent scenario of water scarcity affecting great part of the country has been encouraging debates and the search for solutions that can attend the water demands and minimize usage conflicts. The Upper Rio das Velhas (MG) basin concentrates most of the water resources that supply Belo Horizonte, illustrating in a particular way how this scenario of water scarcity came to aggravate the risks panorama of not meeting water demands. The article aims, from this case study, to raise considerations and reflections about the scenario of water scarcity “crisis” and usage conflicts in the Metropolitan Region of Belo Horizonte in the period of 2013-2015. The argumentation takes the reader to reflect about the necessity of noticing that in the center of the debates about this scarcity crisis it must not be

the relative reduction of the pluviometric indexes in the last years, but instead the historical inefficiency problems related to the water resources management in Brazil.

KEYWORDS: Watersupply; Waterresources management; Waterscarcitycrisis.

1 | INTRODUÇÃO

Em áreas densamente urbanizadas como as regiões metropolitanas brasileiras, a gestão de recursos hídricos está focada no abastecimento público e no lançamento de efluentes nos cursos d'água, ambas as dimensões relacionadas ao saneamento. No entanto, universalizar o acesso à água e garantir a sua qualidade e quantidade para diferentes usos se torna um desafio, uma vez que o modelo de expansão urbana adotado majoritariamente no Brasil é pouco sensível à dinâmica natural das águas, e causa fortes pressões sobre os recursos hídricos (TUCCI, 2008; BROWN ET AL., 2008).

O quadro de estiagem vivenciado entre 2013 e 2015 em grande parte do país fomentou intensos debates e a busca de soluções no âmbito da gestão de recursos hídricos, visando atender as demandas e minimizar os conflitos pelo uso da água. Neste panorama, ganhou destaque a perspectiva da fragilidade ambiental nos principais sistemas de captação e de abastecimento de água na Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), bem como a ausência de um melhor planejamento para situações de déficit hídrico. A partir desse cenário, a justificativa simplificada apresentada para a possível falta d'água pelas instituições gestoras é a ausência de chuvas, de forma a embasar o problema do abastecimento nas alterações do regime pluviométrico. A relativa escassez de chuvas, no entanto, não pode ser vista como fenômeno isolado e anômalo, dado que a variabilidade temporal da pluviosidade é um processo natural, e que envolve uma complexa dinâmica atmosférica em escalas regional e global.

Dessa forma, a justificativa climática para a “crise” hídrica se torna esvaziada frente às deficiências do aparato de gestão de recursos hídricos e das estruturas de abastecimento de água no país. Mais do que isso, as formas de controle da relação entre oferta e demanda por água mostra sinais de desgaste ou ineficiência, tendo em vista a realidade de desabastecimento de água que se impôs a um número expressivo de zonas urbanas em 2014 e 2015, como foi o caso da RMBH.

Buscando contribuir com os debates sobre a conjuntura hídrica nacional, pretende-se, como objetivo geral, levantar considerações e reflexões sobre o quadro de “crise” hídrica na RMBH no período 2013-2015, a partir do estudo de caso da bacia do Alto Rio das Velhas, o principal manancial de abastecimento da capital mineira. Para a fundamentação do texto foram consultados documentos normativos e técnicos, em especial:

- Resolução Conjunta da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD) e Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) nº 1548/2012, que dispõe sobre a vazão de referência para o cálculo

da disponibilidade hídrica superficial nas bacias hidrográficas de Minas Gerais (MINAS GERAIS, 2012).

- Deliberação Normativa do Conselho Estadual de Recursos Hídricos de Minas Gerais (CERH/MG)n.º 49/2015, que estabelece diretrizes e critérios gerais para a definição de situação crítica de escassez hídrica e estado de restrição de uso de recursos hídricos superficiais nas porções hidrográficas no Estado de Minas Gerais (MINAS GERAIS, 2015a).
- Atualização do Plano Diretor de Recursos Hídricos (PDRH) da bacia do Rio das Velhas, realizada pela empresa ECOPLAN Engenharia, aprovada em 2015.

A atual crise hídrica em grande parte do país, provocada tanto pela ineficiência dos sistemas de oferta de água para atender as demandas, quanto pelas taxas pluviométricas relativamente baixas, por si só justifica a importância de aprofundar este debate sobre a gestão de recursos hídricos.

2 | CONTEXTO HÍDRICO E AMBIENTAL DO ALTO RIO DAS VELHAS

A região do Alto Rio das Velhas abrange uma área de 2.739,74 km², na qual estão inseridos completamente ou parcialmente 10 municípios (Figura 1). Esta região hidrográfica apresenta contingente populacional de aproximadamente 3.126.289 habitantes (sendo a maioria residente em áreas urbanas), o que corresponde a 70,9% da população estimada para a bacia do Rio das Velhas. A atividade econômica regional é expressiva, principalmente na RMBH (ECOPLAN, 2015).

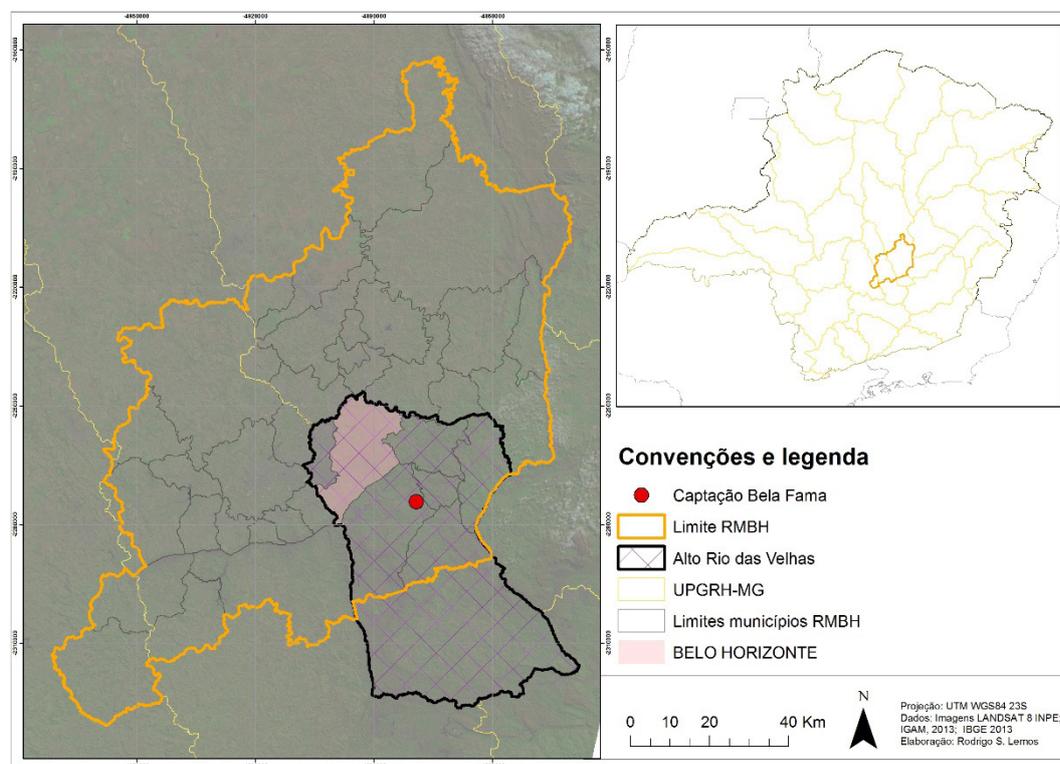


Figura 1 – Localização da bacia do Alto Rio das Velhas, no contexto da RMBH e das Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (UPGRH) do estado de Minas Gerais.

Elaboração: Rodrigo Silva Lemos.

A captação de Bela Fama, destacada na Figura 1, é considerada a maior captação de água da RMBH e o principal manancial para o sistema integrado do Rio das Velhas. Com captação outorgada de $6\text{m}^3/\text{s}$ e capacidade instalada de $9,0\text{m}^3/\text{s}$, Bela Fama é responsável pelo abastecimento de água de 74% das residências de Belo Horizonte (ECOPLAN, 2015). A captação de Bela Fama é superficial e não possui reservatório de água. Considerando os diferentes usos econômicos existentes em sua ampla área de drenagem, considera-se que as formas de uso e ocupação do solo estão comprometendo diretamente a quantidade e qualidade das águas que são utilizadas para o abastecimento. As principais causas de impacto ambiental na bacia do alto Rio das Velhas são os esgotos industriais e domésticos não tratados, assim como a degradação ambiental gerada pelas atividades minerárias (ECOPLAN, 2015). Em um cenário com múltiplas pressões, a bacia do Alto Rio das Velhas ilustra o panorama nacional marcado pelos desafios de conciliação entre as demandas por água, as prioridades econômicas e a proteção ambiental.

Apesar da Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997) (BRASIL, 1997) estabelecer os usos prioritários das águas nacionais, as definições sobre a quantidade de água passível de ser utilizada variam entre os estados. Torna-se necessário, portanto, esclarecer os principais critérios técnicos e legais que balizam a gestão dos recursos hídricos no país e principalmente em Minas Gerais.

3 | REFERENCIAIS TEÓRICOS E LEGAIS

Dentre outras responsabilidades, o IGAM é o órgão responsável por gerenciar a quantidade e qualidade das águas dos cursos d'água de Minas Gerais, adotando, para tanto, a aplicação de instrumentos como a outorga de direito de uso da água. A vazão de referência é um dos fundamentos hidrológicos que norteiam a disponibilidade hídrica em uma bacia hidrográfica, sendo aplicada para atribuir uma vazão outorgável à utilização dos recursos hídricos. Sua principal finalidade é garantir os múltiplos usos da água além de assegurar a qualidade ecológica e o poder de diluição de efluentes aos cursos d'água, já que a retirada de água acima dos percentuais permitidos gera diversos impactos aos sistemas fluviais. No Brasil, os estados possuem autonomia para adotar critérios individuais segundo suas realidades hídricas regionais. As vazões de referência mais comumente utilizadas no Brasil são (TUCCI, 2001):

- **Q7,10** – vazão calculada pela média dos fluxos superficiais registrados durante sete dias consecutivos em um período de retorno de 10 anos.
- **Q90** – vazão cujo valor, durante a série história registrada, mantém-se por pelo menos 90% do registro temporal disponível.
- **Q95** – nos mesmos moldes da Q90, equivale à vazão que ocorre em pelo menos 95% do tempo registrado.

A aplicação da vazão de referência está atrelada, para o uso efetivo dos recursos hídricos, à estipulação da quantidade de água utilizável permitida, a qual é denominada de vazão outorgável. Esta representa um percentual da vazão de referência que pode ser utilizada para usos consuntivos. Por exemplo, no estado do Ceará, a vazão de referência é a Q90 e a vazão outorgável é de 90%. Isso significa que em determinado ponto em que exista uso consuntivo, há a exigência legal que à jusante ocorra um fluxo equivalente de, no mínimo, 10% da Q90 (DA SILVA ET AL., 2006).

No estado de Minas Gerais, a Resolução Conjunta SEMAD-IGAM nº 1548/2012 regulariza a questão da vazão de referência e da vazão de outorga. Seus principais pontos são:

Art. 1º - Fica estabelecida a Q7,10 (vazão mínima de sete dias de duração e dez anos de recorrência) como vazão de referência a ser utilizada para o cálculo da disponibilidade hídrica superficial nas bacias hidrográficas do Estado.

Art. 2º - O limite máximo de captações e lançamentos a serem outorgados nas bacias hidrográficas do Estado, por cada seção considerada em condições naturais, será de 50% (cinquenta por cento) da Q7,10, ficando garantidos a jusante de cada derivação, fluxos residuais mínimos equivalentes a 50% (cinquenta por cento) da Q7,10.

§1º Nas bacias hidrográficas dos Rios Jequitaí, Pacuí, Urucuia, Pandeiros, Verde Grande, Pará, Paraopeba e Velhas, o limite máximo de captações a serem outorgadas por cada seção considerada em condições naturais será de 30% (trinta por cento) da Q7,10, ficando garantidos a jusante de cada derivação, fluxos residuais mínimos equivalentes a 70% (setenta por cento) da Q7,10. (MINAS GERAIS, 2012).

Apesar do Artigo 2º apontar a vazão de outorga como sendo de 50%, o inciso 1º do mesmo Artigo estabelece para algumas bacias específicas o valor de 30%. Na prática, essa medida abrange as bacias de maior concentração urbana e industrial no estado e de maior fragilidade ambiental, sendo este o caso da bacia do rio das Velhas.

Em casos excepcionais, o artigo 5º da mesma Resolução permite que sejam adotados fluxos residuais inferiores a 50% da Q7,10, desde que alguns condicionantes sejam considerados:

Art. 5º - Nos casos em que couberem as condições de excepcionalidade para outorgas, poderão ser adotados, a requerimento do interessado e mediante análise técnica prévia, fluxos residuais inferiores àqueles mencionados no artigo 1º desta Resolução Conjunta, desde que se enquadrem em situações de interesse social e que não produzam prejuízos a direitos de terceiros (SEMAD-IGAM, 2012).

4 | CONFLITO PELO USO DOS RECURSOS HÍDRICOS NO ALTO RIO DAS VELHAS

A legislação vigente em Minas Gerais determina que quando a demanda por recursos hídricos é superior ao volume outorgável em uma bacia hidrográfica, o IGAM pode emitir uma Declaração de Área de Conflito (DAC). Os procedimentos para emissão da DAC são regulados pela Nota Técnica DIC/DvRUnº 07/2006, de autoria

do órgão (MINAS GERAIS, 2006). Todavia, perdura a dificuldade de encontrar o ato normativo que, de fato, estipula critérios e diretrizes precisas para emissão da DAC. Nesse sentido, na 18ª Reunião Ordinária da Câmara Técnica de Instrumentos de Gestão – CTIG/CERH-MG em 10/12/2009 - foi pautada uma Deliberação Normativa do Conselho Estadual de Recursos Hídricos, que apresenta a definição referida para área de conflito. Porém, não é possível encontrar a versão aprovada desta deliberação pelo CERH em consulta ao portal de legislação ambiental estadual e aos documentos normativos disponibilizados digitalmente pelo CERH.

Independentemente da aparente confusão legal existente - como no caso da estranha temporalidade dos regulamentos que seguem diretrizes de uma nota técnica de 2006, mas que parecem seguir conceitos da legislação mais amplamente discutida em 2009 - na prática, emissões de DAC tem ocorrido. No que toca a bacia do Rio das Velhas, a Resolução Conjunta SEMAD-IGAM nº 1548/2012 estipula no inciso 2º do Artigo 2º que:

Nas áreas declaradas pelo IGAM como sendo de conflito pelo uso da água e que estejam situadas nas bacias hidrográficas mencionadas no §1º deste artigo [como é o caso da bacia do Alto Rio das Velhas], o percentual outorgável será de 50% da Q7,10 com vistas a mitigar os conflitos existentes (MINAS GERAIS, 2012).

Segundo a atualização do PDRH da Bacia do Rio das Velhas, a região do Alto Rio das Velhas apresenta uma retirada outorgada de água de 13,13m³/s, com um uso consuntivo outorgado de aproximadamente 8,77m³/s. A Q7/10, por sua vez, está estimada em 13,58 m³ (Figura 2), ou seja, o consumo médio de água da região já representa 64,58% da Q7,10 e a quantidade de água outorgada para retirada já se aproxima de 96,68% das retiradas totais na bacia. Este valor está acima do limite da vazão outorgável (50%) e, conseqüentemente, deve ser entendido enquanto um quadro de conflito pelo uso da água (ECOPLAN, 2015). Tendo em vista uma melhor análise do contexto exposto, é importante ressaltar que o PDRH da Bacia do Rio das Velhas aponta que nem todo valor outorgado é efetivamente utilizado (ECOPLAN, 2015).

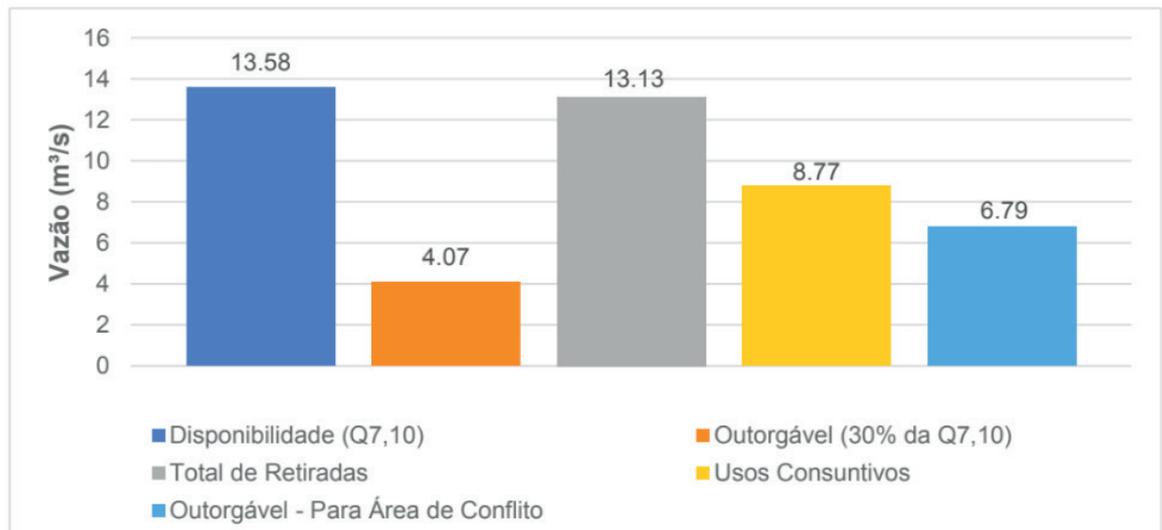


Figura 2 – Disponibilidade e consumo de água na região do Alto Rio das Velhas.

Fonte: Modificado de ECOPLAN (2015).

Diante dessa realidade, foi publicada a Resolução Conjunta SEMAD-IGAM nº 1953, de 19 de novembro de 2013 (MINAS GERAIS, 2013), que dispõe sobre a criação de um Grupo de Trabalho para avaliar a situação hídrica e a possível declaração de área de conflito no Alto Rio das Velhas. O Grupo de Trabalho teria que levantar respostas, em um prazo de 180 dias, para a realidade de extrapolação da vazão de outorga. Este prazo se encerrou em maio de 2014, porém não foi dada publicidade de nenhum resultado. Aparentemente a própria inversão do quadro pluvial, com a normalização das chuvas nos anos posteriores, foi suficiente para provocar o esquecimento da questão.

Apesar da falta de instrumentação normativa para suporte referente à discussão sobre o conflito e necessidade de restrições de uso da água, ressalta-se a iniciativa do Comitê da Bacia do Rio das Velhas, que criou um grupo de gestão de vazão, com participação dos diferentes usuários no Alto Rio das Velhas. Este grupo vem coordenando a liberação de volumes reservados à montante da retirada de água pela companhia de saneamento. Essa iniciativa, tem garantido situações de maior seguridade hídrica para a manutenção das retiradas de água para abastecimento público nos períodos de escassez.

Segundo a atualização do PDRH do Rio das Velhas, a declaração de área de conflito representa uma ação relevante de caráter emergencial, principalmente por elevar o percentual outorgável da bacia para 50%. Contudo, ainda não foi declarado conflito pelo uso da água no Alto Rio Velhas, apesar de já se ter outorgado uma vazão superior aos 30% da Q7,10. Mesmo que a declaração fosse feita, essa medida não conseguiria resolver o problema, já que o limite de 50% da vazão outorgável em áreas de conflito já foi ultrapassado. No mesmo sentido, é possível que não haja água disponível em quantidade suficiente para um aumento da vazão outorgável, tendo em vista os recorrentes cenários de escassez hídrica provocados pela redução da

pluviosidade.

Ademais, levando-se em conta os cenários projetados no PDRH para a região do Alto Rio das Velhas (Figura 3), a tendência é que as demandas pelo uso da água se tornem ainda maiores, principalmente em cenários de aquecimento econômico. Nessa situação, o PDRH estima que a demanda de água para consumo em 2035 pode chegar a 17,16 m³/s, sendo que desses, 13,30 m³/s estariam associados a demandas de captação superficial (ECOPLAN, 2015).

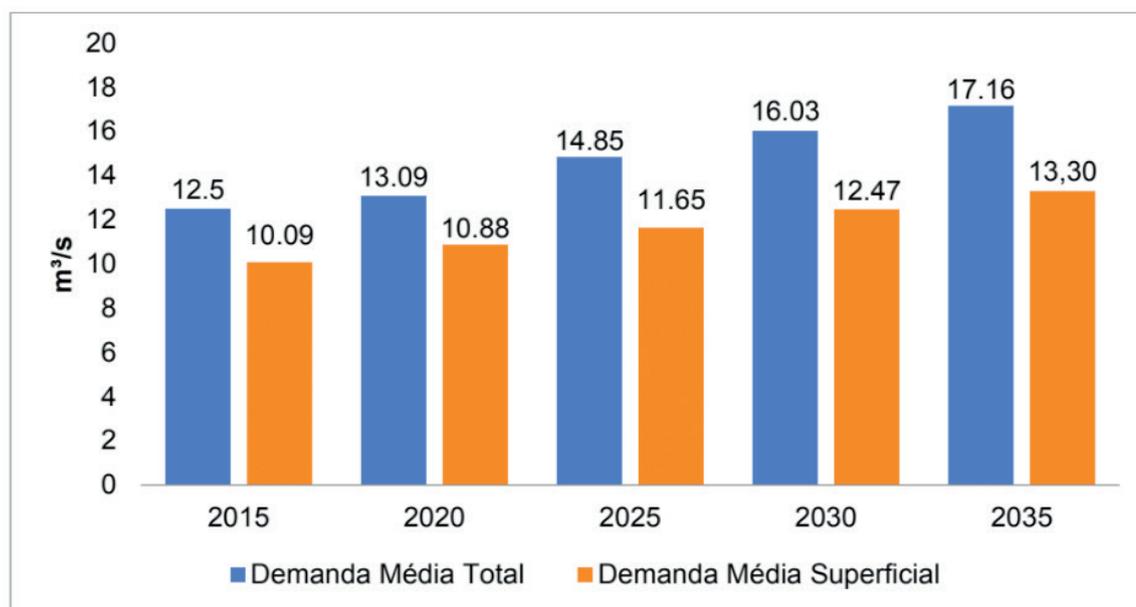


Figura 3 – Demandas hídricas (médias total e superficial) projetadas (2015 a 2035) para a região do Alto Rio das Velhas, considerando o estimado para o cenário de maior demanda.

Fonte: Modificado de ECOPLAN (2015).

Diante desses cenários, é possível indicar que em períodos de estiagem acentuada a demanda de água pode chegar a valores extremamente próximos ao da vazão total do Rio, comprometendo os múltiplos usos da água (que incluem o abastecimento público da RMBH) e a própria perenidade do Rio das Velhas em alguns trechos.

5 | CONSIDERAÇÕES

Buscando fazer frente ao cenário de estiagem vivenciado entre 2013 e 2015, o IGAM, por meio da Deliberação Normativa CERH/MG n° 49, de 25 de março de 2015 (MINAS GERAIS, 2015a), estabeleceu diretrizes e critérios para enquadrar as bacias hidrográficas no que chamou de “situação crítica de escassez hídrica”, definindo também restrições ao uso de recursos hídricos nessas áreas. O mesmo órgão publicou três Portarias - números 13 (Minas Gerais, 2015b), 14 (MINAS GERAIS, 2015c) e 15 (MINAS GERAIS, 2015d) - no dia 8 de abril de 2015, declarando situação crítica de escassez hídrica para três reservatórios que integram o Sistema Paraopeba, o qual

é independente da captação na bacia do Rio das Velhas. Nesse caso, é alarmante a aparente vontade por parte de gestores da Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA), proferida publicamente (PARREIRAS, 2015), em contar com a vazão de outorga do Alto Rio das Velhas para suprir as restrições impostas pelo decreto de escassez no reservatório do Sistema Paraopeba.

Entende-se que o IGAM é incongruente ao cogitar utilizar os recursos hídricos provenientes de um sistema fluvial sob forte pressão, ou seja, que já apresenta demandas maiores do que a vazão outorgável (Alto Rio das Velhas), visando amenizar a situação do Sistema Paraopeba. Além da incompatibilidade numérica entre demanda e vazão de outorga, já exposta neste capítulo, o Alto Rio das Velhas sofre com a degradação advinda das atividades humanas, sobretudo da mineração. Fica evidente, portanto, que tecnicamente e numericamente o conflito é uma realidade no Alto Rio das Velhas.

O cenário do Alto Rio das Velhas exemplifica e evidencia a crise de gestão dos recursos hídricos vivida pelo Brasil, a qual, em grande medida, é fruto de traços culturais que apenas começaram a serem modificados com o recente quadro de escassez. A solução dos principais problemas que podem levar a uma crise de desabastecimento passa, tradicionalmente, pela lógica estrutural de aumento da oferta de água, seja via construção de novas barragens ou via aumento dos volumes captados nos mananciais já existentes (REBOUÇAS, 2003). Esta prática de aumentar constantemente a oferta tem origem na “cultura da abundância”, a qual não se mostra coerente com a necessidade e complexidade da gestão de recursos hídricos no Século XXI.

É importante ressaltar, também, a evidente contrariedade e falta de articulação entre determinados documentos legais referentes à gestão de recursos hídricos em Minas Gerais. Nesse sentido, destaca-se que a lógica estabelecida pela Resolução Conjunta SEMAD-IGAM n° 1548/2012 (referente à DAC) vai de encontro à Deliberação Normativa n° 49 do Conselho Estadual dos Recursos Hídricos, uma vez que a primeira permite o incremento da vazão outorgável em casos em que a demanda supera a oferta de água e, por outro lado, a segunda determina restrições ao uso da água em situações de escassez hídrica. Portanto, vale frisar que a situação não pode ser analisada de forma fragmentada, tendo em vista que a demanda de água pode ser superior à oferta justamente devido a um contexto de escassez hídrica. Esses paradoxos legais deterioram sobremaneira a capacidade de gerir eficientemente os recursos hídricos.

A necessidade de analisar criticamente o contexto vigente, antes de criar normas legais, representa uma das principais medidas para combater o descompasso entre as normatizações. Somente enfocando os problemas da ineficiência histórica dos processos de gestão dos recursos hídricos, e não a falta de chuvas, é que será possível amadurecer os debates e buscar soluções sobre o tema. A discussão aqui empreendida busca, por meio do exemplo da bacia do Alto Rio das Velhas, chamar a atenção para a necessidade do delineamento de prioridades para a reforma e criação

de instrumentos para uma gestão mais eficiente das águas em Minas Gerais e no país.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Política Nacional de Recursos Hídricos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 9 jan, 1997. Disponível em: <<https://www.usjt.br/arq.urb/arquivos/abntnabr6023.pdf>>. Acesso em: 15 ago. 2018.

BROWN, R.; KEATH, N.; WONG, T. Transitioning to Water Sensitive Cities: Historical, Current and Future Transition States. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON URBAN DRAINAGE, 11., 2008, Edimburgo, Escócia. **Anais eletrônicos**...Edimburgo: ICUD, 2008. Disponível em: <https://web.sbe.hw.ac.uk/staffprofiles/bdgsa/11th_International_Conference_on_Urban_Drainage_CD/ICUD08/pdfs/618.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2018.

ECOPLAN. **Plano Diretor de Recursos Hídricos do Rio das Velhas – PDRH Rio das Velhas**. Relatório 02A, Diagnóstico Geral, Revisão 03. Porto Alegre, RS, fev. 2015. Disponível em: <http://200.98.167.210/site/arquivos/RP02A_rev03.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2018.

MINAS GERAIS. Deliberação Normativa nº49, de 25 de março de 2015. Estabelece diretrizes e critérios gerais para a definição de situação crítica de escassez hídrica e estado de restrição de uso de recursos hídricos superficiais nas porções hidrográficas no Estado de Minas Gerais. **Diário Oficial do Estado de Minas Gerais**, Comitê Estadual de Recursos Hídricos de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 26 mar, 2015a. Disponível em: <http://jornal.iof.mg.gov.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/140610/caderno1_2015-03-26%2024.pdf?sequence=1>. Acesso em: 15 ago. 2018.

MINAS GERAIS. Portaria nº 13, de 8 de abril de 2015. Declara situação crítica de escassez hídrica superficial na porção hidrográfica localizada no reservatório Rio Manso e a sua bacia de contribuição. **Diário Oficial do Estado de Minas Gerais**, Instituto Mineiro de Gestão das Águas, Belo Horizonte, MG, 9 abr, 2015b. Disponível em: <<https://www.jusbrasil.com.br/diarios/89393514/doemg-executivo-09-04-2015-pg-22>>. Acesso em: 15 ago. 2018.

MINAS GERAIS. Portaria nº 14, de 8 de abril de 2015. Declara situação crítica de escassez hídrica superficial na porção hidrográfica localizada no reservatório Serra Azul e a sua bacia de contribuição. **Diário Oficial do Estado de Minas Gerais**, Instituto Mineiro de Gestão das Águas, Belo Horizonte, MG, 9 abr, 2015c. Disponível em: <<https://www.jusbrasil.com.br/diarios/89393514/doemg-executivo-09-04-2015-pg-22>>. Acesso em: 15 ago. 2018.

MINAS GERAIS. Portaria nº 15, de 8 de abril de 2015. Declara situação crítica de escassez hídrica superficial na porção hidrográfica localizada no reservatório Vargem das Flores e a sua bacia de contribuição. **Diário Oficial do Estado de Minas Gerais**, Instituto Mineiro de Gestão das Águas, Belo Horizonte, MG, 9 abr, 2015d. Disponível em: <<https://www.jusbrasil.com.br/diarios/89393514/doemg-executivo-09-04-2015-pg-22>>. Acesso em: 15 ago. 2018.

MINAS GERAIS. Resolução Conjunta nº 1953, de 19 de novembro de 2013. Dispõe sobre a criação do Grupo de Trabalho para avaliar a situação de utilização da água e das disponibilidades hídricas superficiais e subterrâneas nas bacias hidrográficas do Rio das Velhas e do Rio Paraopeba, especialmente dos setores de produção mineral e de abastecimento público na RMBH. **Diário Oficial do Estado de Minas Gerais**, Secretaria Estadual do Meio Ambiente & Instituto Mineiro da Gestão das Águas, Belo Horizonte, MG, 20 nov, 2013. Disponível em: <<http://ws.mpmg.mp.br/biblio/informa/221119304.htm>>. Acesso em: 15 ago. 2018.

MINAS GERAIS. Resolução Conjunta nº 1548, de 29 de março de 2012. Dispõe sobre a vazão de referência para o cálculo da disponibilidade hídrica superficial nas bacias hidrográficas do Estado. **Diário Oficial do Estado de Minas Gerais**, Secretaria Estadual do Meio Ambiente & Instituto Mineiro da Gestão das Águas, Belo Horizonte, MG, 31 mar, 2012. Disponível em: <<http://www.agenciapcj.org.br/docs/resolucoes/resolucao-semad-igam-1548.pdf>>. Acesso em: 15 ago. 2018.

MINAS GERAIS. Nota Técnica DIC/DvRUNº 07, de 10 de outubro de 2006. Definição de procedimentos para emissão da Declaração de Área de Conflito - DAC. **Ata interna**, Instituto Mineiro de Gestão das Águas, Belo Horizonte, MG, 10 out, 2006. Disponível em: <<https://sogis8.sogis.com.br/Arquivo/Modulo113.MRID109/Registro21045/nota%20t%C3%A9cnica%20dic%20-%20dvrc%20n%C2%BA%2007-2006%20-%20anexo%20iv.pdf>>. Acesso em: 15 ago. 2018.

PARREIRAS, M. Prevendo desabastecimento em setembro, IGAM manda reduzir captação de água no Sistema Paraopeba. **Jornal Estado de Minas**, Belo Horizonte, 09 abr. 2015. Caderno Gerais, p. 2.

REBOUÇAS, A. C. Água no Brasil: abundância, desperdício e escassez. **Bahia Análise & Dados**, Salvador, v. 13, n. especial, p. 341-345, 2003.

SILVA, A. M.; OLIVEIRA, P. M.; MELLO, C. R.; PIERANGELI, C. Vazões mínimas de referência para outorga na região do Alto Rio Grande, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 2, p. 374-380, 2006.

TUCCI, C. E. M. Regionalização de vazões. In: Hidrologia: ciência e aplicação. Org. por Tucci, C. E. M. ABRH, ed. UFRGS, Porto Alegre, p. 573-620, 2001.

TUCCI, C. E. M. Gestão integrada das águas urbanas. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, Porto Alegre, v. 5, n. 2, p. 71-81, 2008.

SÍNTESE DE SISTEMAS DE TRATAMENTO FINAL DE EFLUENTES INDUSTRIAIS NA SELEÇÃO DE CENÁRIOS DE REÚSO DE ÁGUA

Reinaldo Coelho Mirre

Universidade do Estado do Rio de Janeiro,
Instituto de Química
Rio de Janeiro – RJ

Mariana de Souza dos Santos

Universidade do Federal do Rio de Janeiro,
Escola de Química
Rio de Janeiro – RJ

Dalal Jaber Suliman Abdullah Audeh

Universidade do Federal do Rio de Janeiro,
Escola de Química
Rio de Janeiro – RJ

André Luiz Hemerly Costa

Universidade do Estado do Rio de Janeiro,
Instituto de Química
Rio de Janeiro – RJ

Fernando Luiz Pellegrini Pessoa

Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola
de Química
Rio de Janeiro – RJ

RESUMO: Este trabalho tem como objetivo aplicar o método Diagrama de Fontes de Efluentes (DFE) na síntese de redes (estruturas) de tratamento final centralizado e distribuído de efluentes, visando reduzir a vazão de efluente a ser tratado e o seu custo necessário. Pretende-se incorporá-lo a um dos estágios de avaliação de cenários de reúso de água do modelo P+ÁGUA, criado como auxílio à tomada de

decisão para o uso racional da água na indústria. A abordagem foi aplicada a cenários de reúso em processos de uma refinaria de petróleo. Os resultados apontam a vantagem do tratamento distribuído em relação ao centralizado, uma vez que a configuração distribuída alcançou uma redução de vazão de cerca de 23%, em comparação ao centralizado. Neste caso, a síntese de sistemas de tratamento final de efluentes torna-se uma avaliação importante na seleção de cenários com redução do consumo de água e da geração de efluentes, sendo um suporte ao gerenciamento de recursos hídricos na indústria, e contribuindo para a disponibilidade prioritária do abastecimento para consumo humano.

PALAVRAS-CHAVE: Reúso de água, tratamento distribuído de efluentes, diagrama de fontes de efluentes, integração de processos.

ABSTRACT: This work aims to apply the Wastewater Sources Diagram (WSD) to the synthesis of networks (structures) of distributed and centralized wastewater end-of-pipe treatment in order to reduce the wastewater flow rate to be treated and the costs required. Furthermore, the WSD method can be incorporated to the one of steps of evaluation of water reuse scenarios of CP-WATER model, that was created to provide support to decision making for the rational water consumption

within industrial processes. This approach was applied to water scenarios in oil refinery processes. The results pointed out the benefit of distributed treatment in comparison with centralized treatment network, since the distributed configuration reached a flow rate reduction of about 23%. In this case, the synthesis of wastewater treatment systems aiming to reduce the water consumption and the wastewater generation becomes an important evaluation, being a support to the water resources management in industry, and contributing to the availability priority of supply for human.

KEYWORDS: Water reuse, distributed wastewater treatment, wastewater sources diagram, process integration.

1 | INTRODUÇÃO

Diante do panorama atual de disponibilidade de recursos hídricos para o meio urbano, a preocupação com a distribuição de água nas atividades industriais reflete a importância de se reajustar seu padrão de produção e consumo, buscando meios que levem ao maior aproveitamento possível. Em refinarias de petróleo, por exemplo, há grande consumo de água nos processos industriais, relacionado principalmente aos sistemas de resfriamento e de geração de vapor.

A Integração de Processos Químicos, campo de atuação da Engenharia de Processos Químicos, é uma abordagem holística voltada para o projeto e a operação de processos, em uma análise integrada de produção (DUNN e EL-HALWAGI, 2003). Para tanto, desenvolve e aplica técnicas que visam solucionar ineficiências em processos, analisando o processo global e as interações entre suas etapas. A aplicação de métodos gerais e sistemáticos de Integração de Processos busca essencialmente o uso eficiente de energia e a redução de impactos ao meio ambiente, seja visando à redução de perdas de matéria-prima e de consumo de água e energia, e/ou na redução de emissões de gases e geração de efluentes. Neste sentido, a Integração de Processos constitui um importante canal para a sustentabilidade dos processos industriais.

Uma importante ferramenta da Integração de Processos é o método algorítmico-heurístico Diagrama de Fontes de Água (DFA) (GOMES *et al.*, 2007), que orienta a alocação de correntes hídricas para gerar redes (ou fluxogramas) com máximo reaproveitamento (reúso e/ou reciclo) nas operações, incluindo a análise de restrições de processo e regeneração de contaminantes, proporcionando a redução da necessidade de captação e consumo de água, além de tratamento e descarte de efluentes. O DFA utiliza dados de vazão e concentração de contaminantes nas operações para gerar um diagrama de intervalos de concentração, o qual tem como premissa assimilar carga mássica de contaminantes. O método é apresentado em detalhes no trabalho de Gomes *et al.* (2007), e pode ser aplicado a diferentes setores da indústria de processos. Para auxiliar no gerenciamento sustentável do uso racional da água em processos industriais foi criado um modelo integrado chamado P+ÁGUA

(MIRRE, 2012). Este modelo procura selecionar oportunidades de reaproveitamento geradas pela aplicação do DFA, que sejam promissoras para estudos subsequentes de viabilidade de implantação. O modelo incorpora o método DFA às práticas de estratégia de gestão ambiental Produção mais Limpa (P+L), e a seleção de cenários considerados promissores leva em conta fatores como custo operacional, realinhamento de correntes, investimento eventual em processos regenerativos e atribuição de valor para potencial de impactos negativos de contaminantes na interação socioambiental do descarte de efluentes. MIRRE *et al.* (2013) aplicaram o procedimento de filtragem preliminar de cenários de reúso do P+ÁGUA a um estudo de caso de refinaria de petróleo, e observaram a flexibilidade do modelo na seleção envolvendo poucos cenários alternativos obtidos com o DFA.

Uma análise que pode ser contemplada pelo P+ÁGUA refere-se ao tipo de tratamento final de efluentes. Neste caso, o tratamento pode ocorrer tanto por abordagem centralizada quanto por configuração distribuída. Na primeira, os efluentes são unificados para serem tratados por uma sequência de técnicas em uma central, enquanto que na segunda, as correntes são tratadas em série/paralelo, de modo individualizado ou por correntes unificadas por características afins; ao contrário da centralizada, a configuração distribuída tem como vantagem a possibilidade de diminuir a vazão de efluente a ser tratado, permitindo reduzir custos operacionais e de investimento.

Para a síntese de sistemas de tratamento final de efluentes, Húngaro (2005) desenvolveu um procedimento para seleção da sequência de tratamento para um conjunto de correntes de efluentes, em função da eficiência de remoção. O algoritmo gerou a menor vazão para o tratamento distribuído, relativamente à configuração centralizada. As heurísticas apresentadas por Húngaro (2005) constituem a base para o desenvolvimento do DFE, proposto por Delgado (2008). A partir do DFA, Delgado (2008) adaptou a síntese de sistemas de regeneração diferenciada e para tratamento final distribuído de efluentes, selecionando e determinando a sequência de técnicas de tratamento. O procedimento para tratamento distribuído foi chamado de Diagrama de Fontes de Rejeitos (DFR), ou Diagrama de Fontes de Efluentes (DFE), conforme denominado por Pacheco (2014), que aplicou o método DFE a dados típicos de refinarias de petróleo, demonstrando sua aplicabilidade e a importância de se analisar as redes de tratamento de efluentes.

O objetivo deste trabalho é aplicar o método DFE ao cenário base do estudo de caso de uma refinaria de petróleo e enquadrá-lo aos estágios de aplicação do modelo P+ÁGUA. Com isso, a ideia é demonstrar que a técnica pode ser empregada para um cenário real e complexo, tornando-se um instrumento complementar na tomada de decisão em relação aos cenários promissores de reúso.

2 | METODOLOGIA

Inicialmente, a aplicação do DFA reduz a necessidade de investimento imediato em técnicas de tratamento de efluentes, uma vez que prioriza o máximo reúso nas operações. Por outro lado, o DFE pode reduzir a vazão de efluente final a ser tratado, de acordo com a estrutura da rede do tratamento empregada. Assim, a incorporação do DFE ao modelo DFE complementa a análise de seleção de oportunidades de cenários de reúso do P+ÁGUA. A Figura 1 esquematiza os principais estágios de aplicação do modelo P+ÁGUA, os quais levam à seleção de alternativas promissoras de cenários de reúso e/ou reciclo de correntes, mostrando a proposta de alocação complementar do DFE, antecedente à análise do potencial de impacto do descarte de efluentes do modelo.

O procedimento DFE está descrito em detalhes no estudo de Pacheco (2014). Possui uma estrutura na forma de diagrama de intervalos de concentração, semelhante à abordagem do DFA, porém com foco voltado nas concentrações originais de cada efluente, de descarte do contaminante de referência e daquelas relativas ao efluente tratado (C_{kt}^e), obtidas pela eficiência de remoção (RR) do efluente no regenerador. O objetivo é alcançar uma rede com vazão mínima de efluente a ser tratado e que possa atender à máxima concentração de descarte dos contaminantes. A quantidade de contaminante a ser removido em uma dada operação é obtida pelo produto da vazão da corrente de efluente, em t/h, pela diferença entre a concentração do contaminante na operação e a concentração de descarte deste contaminante, em ppm.

A representação das operações no DFE é dada por setas que partem da concentração de descarte e vão até o valor de concentração original do contaminante de referência do efluente, em ordem crescente de concentração. A cada operação, alinham-se as suas respectivas vazões. A vazão de efluente a ser tratado prioriza a mistura com efluente de maior concentração disponível (mais “sujo”), a partir do intervalo de menor concentração. Neste caso, são observadas duas regras (PACHECO, 2014): (i) realizar o cálculo da vazão de efluente a ser tratado através de tratamento externo somente quando não houver efluente “interno” com concentração menor que a do efluente a ser tratado disponível para mistura. Na disponibilidade de efluente interno, usar preferencialmente o proveniente da mesma corrente; (ii) para uma determinada corrente de efluente, a vazão a ser tratada em um determinado intervalo deve remover a quantidade de massa do respectivo intervalo. Partindo do último intervalo de cada operação no DFE, realiza-se a síntese da rede de tratamento distribuído de efluentes.

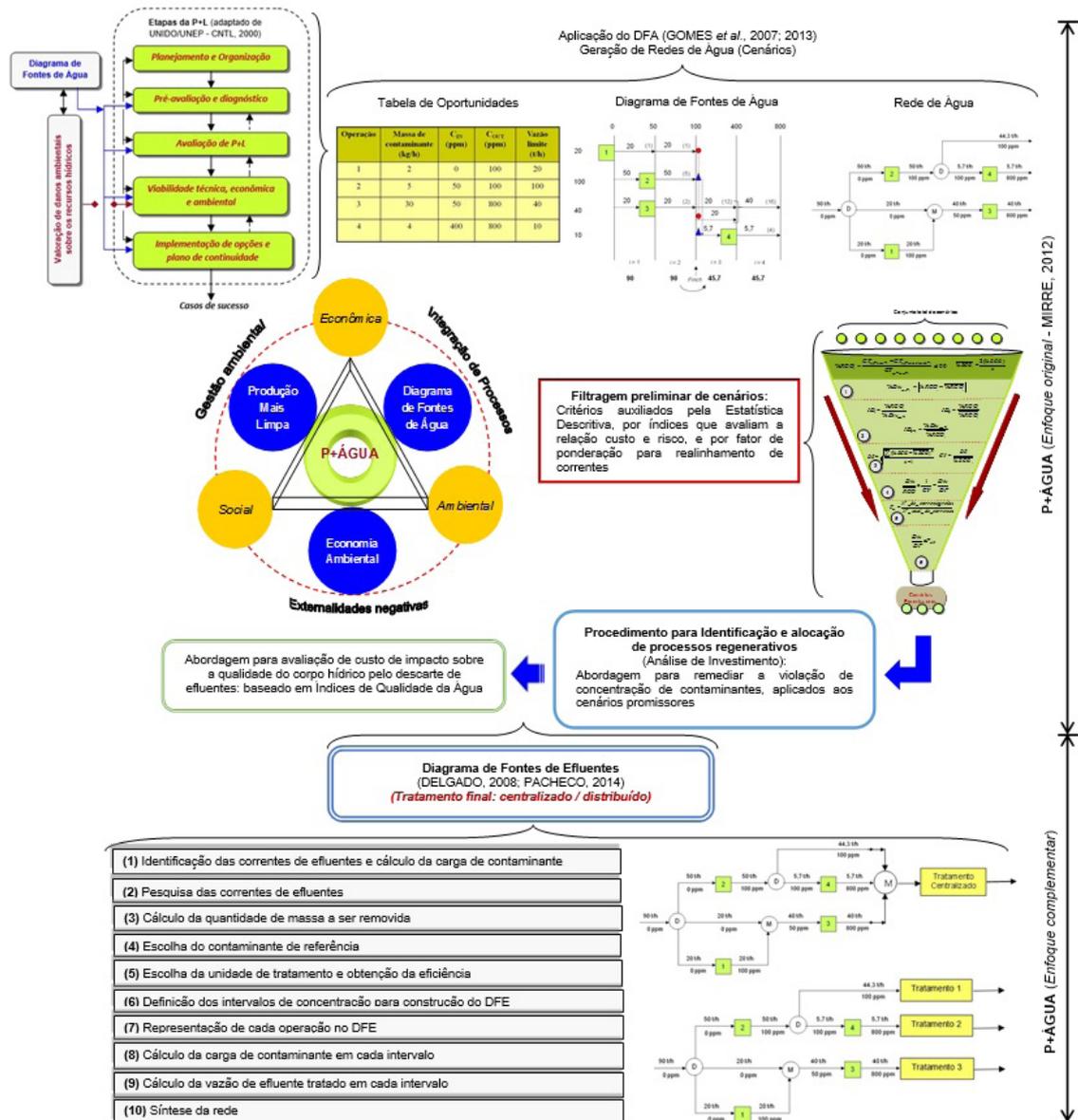


Figura 1 – Representação do modelo P+ÁGUA, considerando os principais estágios de aplicação associados à seleção de cenários promissores de reúso e adaptação da síntese de tratamento final de efluentes ao modelo.

2.1. Caso de estudo: processos hídricos em uma refinaria de petróleo

Os dados de balanço hídrico do cenário base (inicial) de uma refinaria de petróleo foram obtidos do estudo de Mirre (2012). A Figura 2 ilustra o diagrama de blocos representativo deste processo, com suas operações representadas e as correntes devidamente numeradas. Embora a estação de tratamento de despejos industriais (ETDI) esteja colocada como um bloco único, o DFE pode ser aplicado às correntes de entrada da ETDI, para verificação das configurações de tratamento final de efluentes, utilizando alternativamente as correntes afluentes do ponto de mistura M. Como o objetivo aqui é demonstrar o emprego do DFE para um cenário complexo, sua aplicação contemplará somente o cenário base, não se voltando aos cenários promissores de reúso gerados com a aplicação do DFA.

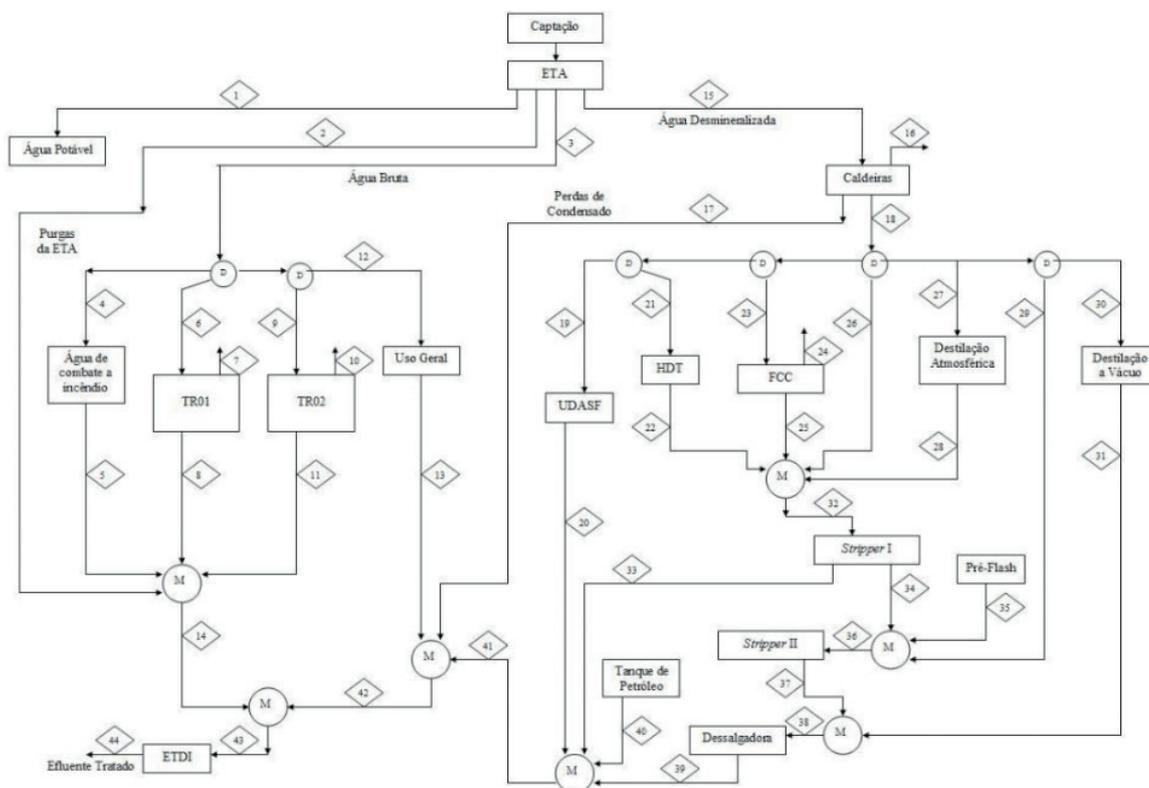


Figura 2 – Rede de água do cenário base de uma refinaria de petróleo (MIRRE, 2012)

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a aplicação do DFE, o cenário base da refinaria de petróleo considera a presença de sete contaminantes representativos, os quais são identificados apenas por letras (A, B, C, D, E, F, G), tendo seus respectivos valores de concentração. Da mesma forma, as técnicas de tratamento não são aqui identificadas, pois inicialmente não se pretende denominar as operações de tratamento (a ser realizado em um estágio posterior de aplicação do modelo adotado), mas em estabelecer uma possibilidade de configuração adequada. No entanto, as prováveis técnicas devem apresentar suas respectivas eficiências de remoção, estabelecidas na Tabela 1. As concentrações de descarte dos contaminantes (Cd) são utilizadas de acordo com a legislação, e definidas em estudo prévio (MIRRE, 2012). Para o tratamento centralizado, utiliza-se a corrente resultante do ponto de mistura M (OP 1+2), da Figura 2, afluyente da ETDI (corrente 43); já para a consideração de tratamento distribuído, as correntes são analisadas separadamente (correntes 14 / OP 2, e 42 / OP 1, a montante do misturador M). Cada técnica foi determinada para remoção de um dado contaminante. Neste estudo, os contaminantes A e B não são passíveis de tratamento, dada a indisponibilidade de informações necessárias.

Centralizado		Distribuído			
OP 1 + 2		OP 1		OP 2	
Tratamento	Eficiência	Tratamento	Eficiência	Tratamento	Eficiência

T1 (para E)	0,90	T1' (E)	0,90		0,90
T2 (C)	0,95	T2' (C)	0,95	T2'' (C)	0,95
T3 (D)	0,95	T3' (D)	0,95	T3'' (D)	0,95
T4 (D)	0,95	T4' (D)	0,95		0,95
T5 (G)	0,95	T5' (G)	0,95		0,95
T6 (F)	0,95	T6' (F)	0,95		0,95

Tabela 1 – Eficiências de remoção de contaminante em função do tratamento considerado

As Figuras 3 e 4 ilustram o diagrama de intervalos do DFE e a rede de tratamento obtida para a análise da configuração centralizada, respectivamente. Para resolver este problema, cada diagrama foi elaborado considerando o tratamento individualizado dos contaminantes; porém, a obtenção posterior da rede total é realizada pela integração das contribuições individuais de cada sequência de tratamento. As Figuras 5 e 6 apresentam o resultado para a obtenção do diagrama e da rede de tratamento distribuído, respectivamente.

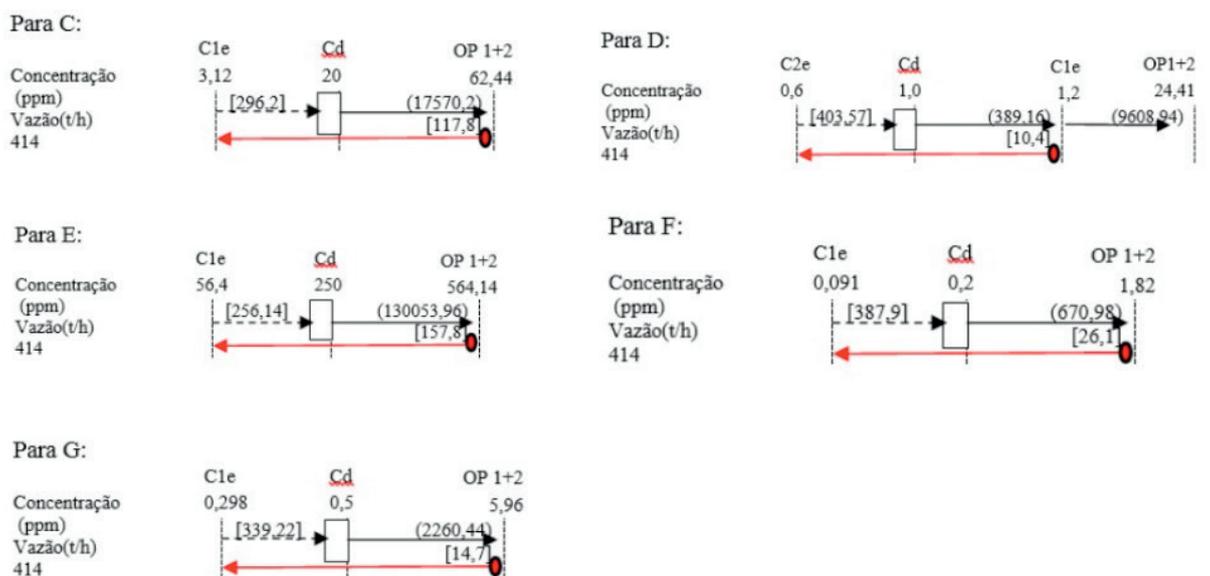


Figura 3 – Representação do diagrama de intervalos de concentração considerando tratamento centralizado

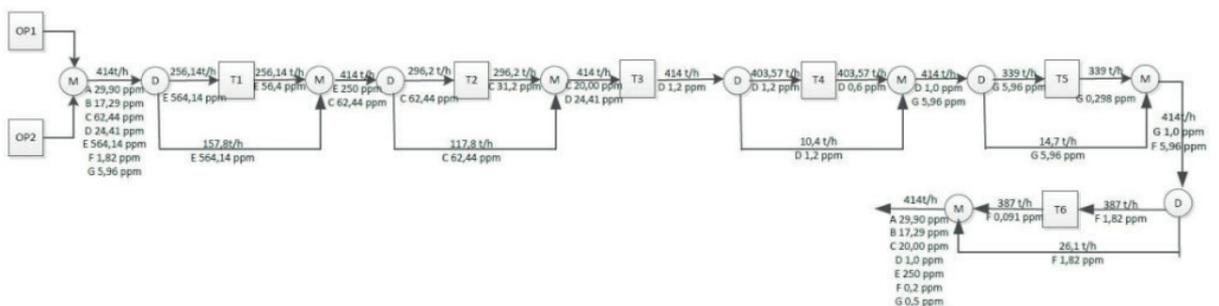


Figura 4 – Rede de tratamento centralizado

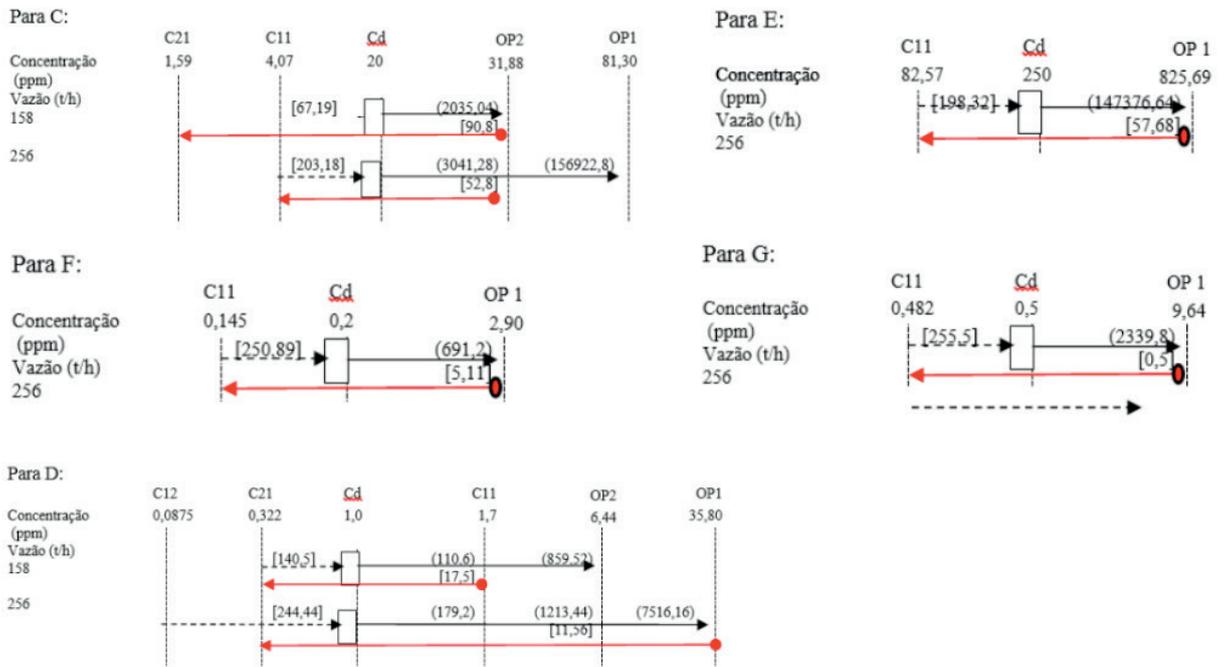


Figura 5 – Representação do diagrama de intervalos de concentração considerando tratamento distribuído

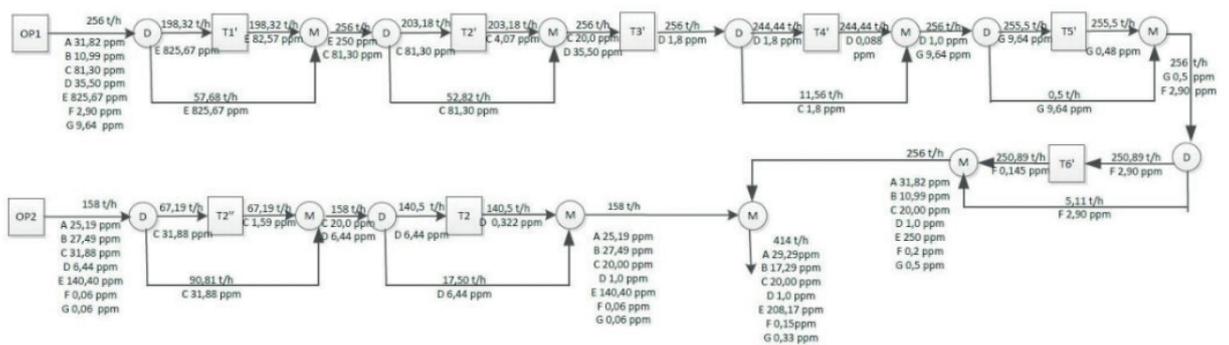


Figura 6 – Rede de tratamento distribuído

A partir da vazão a ser tratada em cada tipo de tratamento, verifica-se que o tratamento centralizado gera 2.095,91 t/h, enquanto que o distribuído necessita tratar uma parcela menor do efluente, 1.616,02 t/h. Deste modo, tem-se uma redução de vazão de cerca de 23% em relação ao centralizado, que se pode traduzir em redução proporcional de custos, constituindo, assim, um incentivo para a análise detalhada deste tipo de tratamento.

4 | CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo aplicar o procedimento algorítmico-heurístico DFE a um cenário base de processos hídricos refinaria de petróleo, visando demonstrar a redução de vazão de efluente a ser tratada por meio de sua configuração de tratamento. Adicionalmente, propõe incorporar o método DFE ao modelo de gerenciamento integrado de recursos hídricos denominado P+ÁGUA. Foi possível verificar que o

DFE pode ser empregado como norteador da rede de tratamento final de efluentes para um caso industrial, à medida que a configuração distribuída levou à menor vazão de tratamento, viabilizando o alcance de benefícios econômicos e ambiental em relação ao centralizado. Entretanto, vale destacar que estudos adicionais devem ser conduzidos no sentido de selecionar adequadamente as técnicas de tratamento disponíveis e aprimorar a abordagem para o tratamento simultâneo de complexos sistemas multicontaminantes.

REFERÊNCIAS

DELGADO, B. E. P. C. **Síntese de sistemas de regeneração e tratamento final de efluentes**. Tese (Doutorado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos), Rio de Janeiro: UFRJ, 2008, 451 p.

DUNN, R. F.; EL-HALWAGI, M. M. Process integration technology review: background and applications in the chemical process industry. **Journal of Chemical Technology and Biotechnology**, v. 78, n. 9, p. 1011-1021, 2003.

GOMES, J. F. S.; MIRRE, R. C.; DELGADO, B. E. P. C.; QUEIROZ, E. M.; PESSOA, F. L. P. Water sources diagram in multiple contaminant processes: maximum reuse. **Industrial & Engineering Chemistry Research**, v. 52, n. 4, p. 1667-1677, 2013.

GOMES, J. F. S.; QUEIROZ, E. M.; PESSOA, F. L. P. Design procedure for water/wastewater minimization: single contaminant. **Journal of Cleaner Production**, v. 15, n. 5, p. 474-485, 2007.

HUNGARO, L. M. **Desenvolvimento de algoritmo para síntese de tratamento distribuído para efluentes líquidos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Rio de Janeiro: UFRJ, 2005, 139 p.

MIRRE, R. C. **Metodologia para o gerenciamento sustentável do reúso de águas e efluentes industriais por meio da Integração de Processos**. Tese (Doutorado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos), Rio de Janeiro: UFRJ, 2012, 656 p.

MIRRE, R. C.; YOKOYAMA, L.; PESSOA, F. L. P. P+ÁGUA: um modelo para seleção de oportunidades sustentáveis de reúso de efluentes industriais a partir da Integração de Processos. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION, 4, 2013, São Paulo. **Proceedings...** São Paulo: UNIP, 2013, p. 1-10.

PACHECO, L. C. **Síntese da rede de água e do sistema de tratamento distribuído de efluentes em refinarias**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos), Rio de Janeiro: UFRJ, 2014, 159 p.

FLORAÇÕES DE CIANOBACTÉRIAS EM MANANCIAIS DE ABASTECIMENTO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Patrícia Silva Cruz

Doutoranda em Engenharia Ambiental, Universidade Estadual da Paraíba (UEPB). e-mail: patriciacruz_biologa@hotmail.com

Leandro Gomes Viana

Mestrando em Ciência e Tecnologia Ambiental, Universidade Estadual da Paraíba (UEPB). e-mail: leandrogomesbiologo@gmail.com

Dayany Aguiar Oliveira

Graduanda em Licenciatura em Ciências Biológicas, Universidade Estadual da Paraíba (UEPB). e-mail: dayanyaguiar93@gmail.com

Ranielle Daiana dos Santos Silva

Graduanda em Licenciatura em Ciências Biológicas, Universidade Estadual da Paraíba (UEPB). e-mail: ranielledaiana@hotmail.com

José Etham de Lucena Barbosa

Doutor em Ecologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de São Carlos (Ufscar). e-mail: etham barborsa@hotmail.com

RESUMO: O presente estudo objetivou avaliar a ocorrência de cianobactérias em 20 reservatórios do Estado da Paraíba destinados ao abastecimento público. Para isto foram realizadas amostragens mensais de agosto de 2014 a janeiro de 2015, no ponto de captação. Observou-se que a comunidade fitoplanctônica dos reservatórios em estudo, esteve composto por 102 *taxa* pertencentes a cinco classes taxonômicas, sendo que as

Cianobactérias representaram 73% do total de *taxa* identificados, com ocorrência de espécies potencialmente tóxicas durante o período investigado, dentre elas *Aphanocapsa elasshia*, *Cylindrospermopsis raciborskii* e *Planktothrix agardii*. Mesmo com a dominância das cianobactérias, observou-se a co-ocorrência de Bacilariophyceae (17%), Clorophyceae (8%), Euglenophyceae (1%) e Zygnematophyceae (1%), devido as suas adaptações morfológicas e com as estratégias adaptativas às condições ambientais dos reservatórios. As espécies fitoplanctônicas identificadas caracterizaram os ambientes como eutróficos e/ou hipereutróficos, relacionados com disponibilidade de nutrientes. A dominância das cianobactérias pode ser considerada como uma das consequências da eutrofização artificial dos ambientes. Para tanto, o monitoramento desses organismos deve ser permanente, segundo o que preconiza a legislação vigente, visando à proteção da saúde da população abastecida.

PALAVRAS-CHAVE: Cianobactérias. Qualidade da Água. Semiárido.

ABSTRACT: This study aimed to evaluate the occurrence of cyanobacteria in 20 state reservoirs of Paraíba intended for public supply. For this monthly sampling took place from August 2014 to January 2015 at the pickup point. It was observed that the phytoplankton of

the reservoirs under study was composed of 102 rate from five taxonomic classes, and the Cyanobacteria accounted for 73% of the identified rate, the occurrence of potentially toxic species during the period investigated, among them *Aphanocapsa elasshia*, *Cylindrospermopsis raciborskii* and *Planktothrix agardii*. Despite the dominance of cyanobacteria was observed co-occurrence Bacilariophyceae (17%), Clorophyceae (8%), Euglenophyceae (1%) and Zygnematophyceae (1%), due to their morphologic and the adaptive strategies to environmental conditions of the reservoirs. Registered phytoplankton species characterized as eutrophic environments and / or hipereutróficos related to nutrient availability. The dominance of cyanobacteria can be considered as a consequence of artificial eutrophication of the environment. Therefore, monitoring of these bodies should be permanent, according to the current legislation which calls, in order to protect the health of the population served.

KEYWORDS: Cyanobacteria. Water Quality. Semiarid.

1 | INTRODUÇÃO

No Brasil, as florações de cianobactérias vêm aumentando rapidamente em mananciais de todo o país, influenciadas pelos usos múltiplos desses reservatórios, que via de regra deteriora a qualidade da água (BECKER et al., 2009; SOARES et al., 2009). A incidência desses organismos nos reservatórios indica que esses sistemas oferecem condições adequadas, dentre elas a alta disponibilidade de nutrientes, aumento no tempo de retenção e temperaturas elevadas durante todo o ano que é favorável para a ocorrência e manutenção da dominância de cianobactérias (SOARES et al., 2013).

De acordo com Azevedo (2005), dos 26 estados brasileiros 11 deles já foram identificadas espécies tóxicas. Segundo Bittencourt-Oliveira et al., (2010), as espécies *Microcystis aeruginosa*, *M. panniformis* *M. novacekii*, *Planktothrix agardhii* e o gênero *Anabaena* são frequentes em corpos aquáticos no Brasil. Na região Nordeste, os estados do Rio Grande do Norte (COSTA et al., 2006; PANOSSO et al., 2007; CHELLAPPA et al., 2008; COSTA et al., 2009) e Pernambuco (BOUVY et al., 1999; BOUVY et al., 2000; MOURA et al., 2007; DANTAS et al., 2008; BITTENCOURT-OLIVEIRA et al., 2010; NASCIMENTO; MOURA, 2010); BITTENCOURT-OLIVEIRA et al., 2011). Na Paraíba também foram registradas elevadas densidades de cianobactérias no reservatório Argemiro de Figueiredo (Acauã), na bacia do médio Paraíba (*Microcystis aeruginosa* e *Cylindrospermopsis raciborskii* com densidades de 250.000 cel/mL) (BARBOSA; MENDES, 2005; LINS, 2006).

A ocorrência de florações de cianobactérias tem sido um problema preocupante em áreas densamente habitadas, pois vários gêneros são capazes de formar florações e produzir toxinas que afetam a microbiota, os animais e o homem, provocando alterações neurológicas (neurotoxinas), irritações dérmicas (dermatotoxinas) e alterações hepáticas (hepatotoxina) (FALCONER; HUMPAGE, 2005), sendo considerado um

sério problema de saúde pública. O monitoramento das cianobactérias tóxicas e cianotoxinas nos mananciais de água para abastecimento público é imprescindível para identificar os locais com risco potencial, visto que comprometem a qualidade da água, dificultam a remoção dos organismos que se proliferam e encarecem o processo de potabilização (LAPOLLI et al., 2011). Diante do exposto, o presente estudo objetiva avaliar a presença de cianobactérias em reservatórios do semiárido paraibano destinado ao abastecimento público.

2 | METODOLOGIA

O estudo foi realizado na microrregião do Brejo Paraibano uma das 23 microrregiões do estado da Paraíba pertencente à Mesorregião do Agreste Paraibano. Para tanto, foram selecionados 20 reservatórios utilizados para abastecimento público: Canafistula I, Canafistula II, Brejinho, Lagoa do Matias, Riacho Quinze, Tauá, Serra Grande, Araçagi, Acauã, Duas Estradas, Poções, São Salvador, Predão, Nascerça, Paulo Afonso, Mata do Cano, Camará, Várzea, Olho D'Água e Araçagi-Mirim.

As amostragens foram mensais durante o período de agosto de 2014 a janeiro de 2015, no ponto de captação dos reservatórios. As amostras de água (500ml) foram coletadas na sub-superfície (100% de penetração da luz) e acondicionadas em garrafas plásticas e preservadas em formol a 4%. Foram preparadas lâminas, as quais foram observadas em microscópio óptico Zeiss com ocular de medição acoplada. As análises quantitativas seguiram o método de sedimentação de Uthermöhl (1958). A contagem dos indivíduos foi realizada em transectos horizontais e verticais, tantos quantos necessários para que fossem encontrados, no mínimo, 100 indivíduos da espécie. O sistema de classificação para gêneros e classes seguiu as recomendações de [Bicudo e Menezes (2006)] e para as espécies utilizou-se chaves de identificações de cada grupo. A densidade foi estimada pela fórmula descrita por Ross, (1979).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se que a comunidade fitoplanctônica dos reservatórios em estudo, esteve composto por 102 *taxa* pertencentes a cinco classes (Tabela 1). As Cianobactérias representaram 73% do total de *taxa* identificados, com ocorrência de espécies potencialmente tóxicas durante o período de estudo, dentre elas *Aphanocapsa elasshia*, *Cylindrospermopsis raciborskii* e *Planktothrix agardii*. Quando realizada a quantificação das espécies, as mais abundantes foram pertencentes a classe Cyanobacteria (Figura 1). Esse resultado revela a necessidade de medidas de gestão que visem à proteção dos corpos de água e reduzam a proliferação de cianobactérias, sobretudo em reservatórios de usos múltiplos, que contemplam o abastecimento

público, uma vez que a Portaria 2914 do Ministério da Saúde de dezembro de 2011, dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e estabelece o monitoramento sistemático das águas dos mananciais no ponto de captação com frequência mensal ou semanal, em função da densidade de cianobactérias e, quando necessário, exige a determinação dos níveis de cianotoxinas na água.

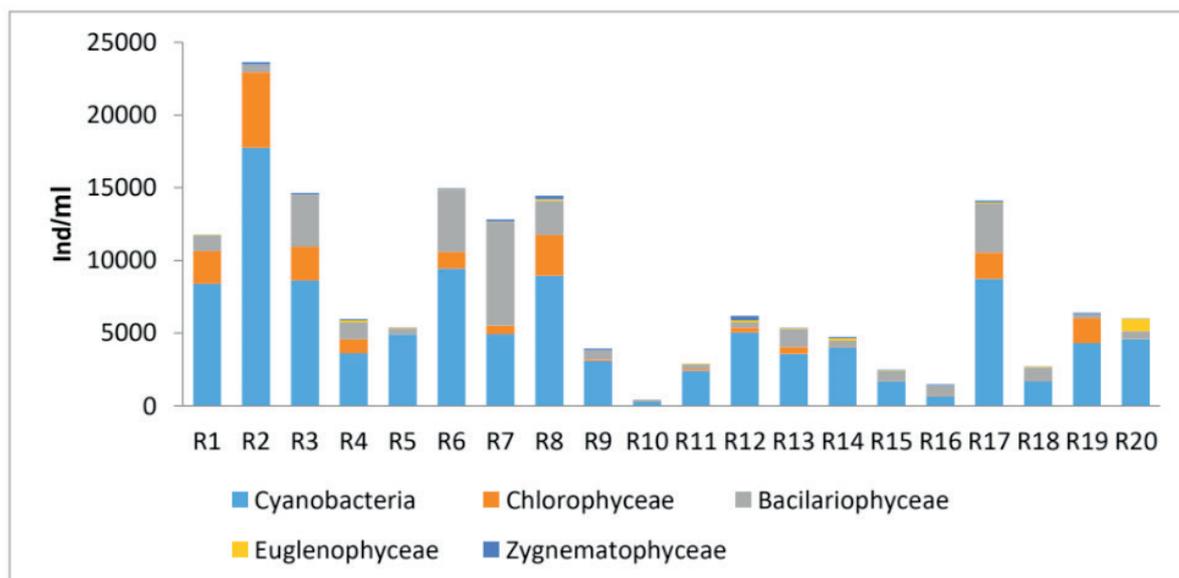


Figura 1 – Distribuição da densidade do fitoplâncton nos reservatórios.

Dentre os organismos fitoplanctônicos mais comuns descritos em eventos de florações de águas continentais, as cianobactérias destacam-se por sua ampla incidência. Esse fato pode está associado à versatilidade fisiológica e a uma ampla tolerância ecológica que contribui para o seu sucesso competitivo e ocupação em diferentes ambientes aquáticos (HYENSTRAND, 1999; DOKULIL; TEUBNER, 2000).

Na Região Nordeste foram desenvolvidos diversos trabalhos que relatam a ocorrência de florações de cianobactérias favorecidas pelas condições climáticas (temperatura e insolação elevadas o ano inteiro) aliadas às condições qualitativas da água como pH elevado, salinização dos açudes, evidenciando a susceptibilidade ao desenvolvimento de florações em seus sistemas aquáticos (CARMICHAEL, 2001).

As espécies potencialmente tóxicas observadas nesse estudo, podem oferecer risco à saúde da população que utiliza essa água para consumo, uma vez que a água potável pode ser uma das principais fontes de exposição do homem às cianotoxinas, ao longo do tempo (HOEGER et al., 2004, 2005), e estas na maioria das vezes, não são removidas pelo tratamento convencional, utilizado em grande parte das estações de tratamento. Dados da literatura reportam que também existe a possibilidade destas toxinas chegarem a atingir os humanos por transferência pela cadeia alimentar, a exemplo da ingestão de pescado que possui como fonte de alimento cianobactérias.

De acordo com Gilbert; Burkholder, (2006) as populações abastecidas com água de reservatórios que apresentam intensas florações, podem estar expostas a baixos

níveis de toxinas que por longo período de tempo, pode ocasionar intoxicações com efeitos crônicos, sendo importante avaliar os efeitos dessas toxinas (AZEVEDO, 2002).

A espécie *Cylindrospermopsis raciborskii*, apesar de pertencer ao grupo das cianobactérias heterocitadas, apresenta ecologia semelhante às espécies filamentosas não-heterocitadas tolerantes a turbulência, cujo desenvolvimento pode ser atribuído a elevadas temperaturas, pH alcalino, reduzida transparência da água e elevada disponibilidade de fósforo (DANTAS et al., (2008). Apesar da dominância das cianobactérias, a co-ocorrência de Bacilariophyceae (17%), Chlorophyceae (8%), Euglenophyceae (1%) e Zygnemaphyceae (1%), foram observadas durante o período de estudo. A representatividade das Bacilariophyceae pode está associada as suas adaptações morfológicas e com as estratégias adaptativas às condições ambientais dos ambientes. A presença da Chlorophyceae pode ser justificada por esse grupo ser típico de ambientes rasos eutróficos ou hipereutróficos (PADISÁK et al., 2006).

Enquanto as cianobactérias são geralmente relacionadas à condição de estabilidade térmica, as Chlorophyceae são frequentemente associadas à desestratificação, coincidindo com a maior disponibilidade de nutrientes provenientes da ressuspensão do sedimento (GENTIL et al., 2008). Calijuri; Dos Santos; Jati (2002) encontraram maior abundância de clorófitas durante o período de circulação da água e maiores valores de transparência e nutrientes, especialmente nitrato e fosfato. No entanto, Becker et al., (2009) relataram a contribuição das algas verdes coloniais com bainha mucilagínosa principalmente durante a fase de estratificação térmica, assemelhando-se ao comportamento das cianobactérias formadoras de colônias. O desenvolvimento da classe Euglenophyceae pode ser associado à baixa transparência da água e elevadas concentrações de matéria orgânica. De acordo com trabalhos de Gentil, (2007) e Lunchi e Sipaúba-Tavares, (2008), a boa expressividade dessa classe é favorecida pelas elevadas concentrações nitrogênio e fósforo. Pode-se observar ainda, a contribuição da Zignemaphyceae, cujas espécies são encontradas em ambientes com águas alcalinas e rica em matéria orgânica.

Cyanophyceae	<i>Planktolyngbya contorta</i>	<i>Staurastrum longiradiatum</i>	<i>Stauroneis valeriana</i>
<i>Aphanocapsa elashia</i>	<i>Planktolyngbya limnetica</i>	<i>Staurastrum megacanthum</i>	<i>Synedra rupens</i>
<i>Aphanocapsa espc</i>	<i>Planktothrix agardii</i>	<i>Treubaria crassispirina</i>	<i>Surirella sp</i>
<i>Aphanocapsa incerta</i>	<i>Planktothrix isothrix</i>	<i>Ulothrix aequalis</i>	<i>Rhopaphora gibba</i>
<i>Aphanocapsa köordeskiei</i>	<i>Pseudanabaena geleata</i>	Bacillariophyceae	<i>Synedra ulna</i>
<i>Chroococcus dispersus</i>	<i>Spirulina princeps</i>	<i>Aulacoseira granulata</i>	Euglenophyceae
<i>Coelosphaerium evidenter-marginatum</i>		<i>Caloneis bacillum</i>	<i>Euglena acus</i>
<i>Cuspidothrix issatschenkoi</i>		<i>Craticula frenguелиi</i>	<i>Euglena anabaena</i>
<i>Cuspidothrix tropicalis</i>		<i>Cyclotella comta</i>	<i>Euglena caudata</i>
<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>	Chlorophyceae	<i>Cyclotella meneghiniana</i>	<i>Euglena lucens</i>
<i>Dolichospermum crassum</i>	<i>Actinastrum aciculare</i>	<i>Cymbella charrua</i>	<i>Euglena oxyurys</i>
<i>Dolichospermum mendotae</i>	<i>Ankistrodesmus spiralis</i>	<i>Eunotia alpina</i>	<i>Euglena pedunculata</i>
<i>Dolichospermum nucosum</i>	<i>Coelastrum microporum</i>	<i>Fragilaria cf. tenem</i>	<i>Euglena Polymorpha</i>
<i>Dolichospermum nygaardii</i>	<i>Cosmarium contractum</i> (*)	<i>Fragilaria lanceolata</i>	<i>Lepocinclis fusiformis</i>
<i>Dolichospermum planctonicum</i>	<i>Cosmarium pyramidatum</i> (*)	<i>Fragilaria tabulata</i>	<i>Phacus acumina-tus</i>
<i>Dolichospermum solitarium</i>	<i>Cosmarium undulatum</i> (*)	<i>Fragilaria ulna</i>	<i>Phacus longicauda</i>
<i>Eucapsis densa</i>	<i>Crucigenia tetrapedia</i>	<i>Gomphonema cf. lagenula</i>	<i>Phacus onyx</i>
<i>Geitlerinema amphibium</i>	<i>Desmodesmus armatus</i>	<i>Gomphonema latifollum</i>	<i>Phacus Pheuronec-tes</i>
<i>Geitlerinema splendidum</i>	<i>Micrasterias radians</i>	<i>Gomphonema parvulum</i>	
<i>Komvophoron crassum</i>	<i>Micratinium pusillum</i>	<i>Gyrosygma acuminatum</i>	Zygnematophy-ceae
<i>Leptolyngbya perelegans</i>	<i>Monoraphidium contortum</i>	<i>Gyrosygma attenuatum</i>	<i>Closterium juncidum</i>
<i>Limnothrix sp</i>	<i>Ocystis solitaria</i>	<i>Melosira granulata</i>	<i>Closterium Kützingii</i>
<i>Merismopedia conduta</i>	<i>Ocystis marssonii</i>	<i>Navicula vandamii</i>	<i>Closterium par-valum</i>
<i>Merismopedia glauca</i>	<i>Scenedesmus alternans</i>	<i>Nitzschia hungarica</i>	<i>Closterium rostra-tum</i>
<i>Merismopedia punctata</i>	<i>Scenedesmus anti-formis</i>	<i>Nitzschia vitrea</i>	<i>Closterium ehrenbergii</i>
<i>Oscillatoria limosa</i>	<i>Scenedesmus arcuatus</i>	<i>Pinnularia acrosphaeria</i>	<i>Mougeotia sp</i> (*)
<i>Phormidium aerugineo-caeluleum</i>	<i>Scenedesmus carinatus</i>	<i>Placoneis bicuneus</i>	
<i>Phormidium tergestinum</i>	<i>Staurastrum gracile</i>	<i>Placoneis gracilis</i>	

Tabela 1: Comunidade Fitoplanctônica nos Reservatórios em estudo, distribuídos em classes taxonômicas.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

As espécies fitoplanctônicas identificadas podem estar relacionadas com disponibilidade de nutrientes, onde a dominância das cianobactérias pode ser considerada como uma das consequências da eutrofização artificial dos ambientes. A presença desses organismos ou de seus metabólitos secundários (cianotoxinas) na água potável podem oferecer riscos à saúde da população abastecida, através de intoxicações, uma vez que ao passa pelo sistema de tratamento convencional e a fervura são resistentes. Para tanto, o monitoramento desses organismos deve ser permanente, visando à proteção da saúde da população.

REFERÊNCIAS

- AZEVEDO, S.M.F.O. (2005). South and Central America: Toxic cyanobacteria. In: Codd, G.A. et al. (ed.) Cyanonet: a global network for cyanobacterial bloom and toxin risk management. Paris: IHPUnesco, p. 115-126.
- BARBOSA, J.E.L.; MENDES, J. S. (2005). Estrutura da comunidade fitoplânctônica e aspectos físicos e químicos das águas do reservatório de Acauã – semi- árido paraibano. X Reunião da Sociedade Brasileira de Ficologia, 2005. Salvador. **Anais da X Reunião da Sociedade Brasileira de Ficologia**.P 339-360.
- BECKER V.; HUSZAR, V.L.M.; CROSSETTI, L.O. (2009). Responses of phytoplankton functional groups to the mixing regime in a deep subtropical reservoir. **Hydrobiologia**, 628: 137–151.
- BICUDO, C. E. M.; MENEZES, M. (2006). **Gêneros de algas continentais do Brasil**. Chave para identificação e descrições. 2.ed. São Carlos: Rima
- BITTENCOURT-OLIVEIRA, M.C.; SANTOS, D.M.S, MOURA, N.A. (2010). Toxic cyanobacteria in reservoirs in northeastern Brazil: detection using a molecular method. **Braz. J. Biol.**, vol. 70, n. 4, p. 1005-1010.
- BOUVY, M.; PAGANO, M.; TROUSSELLIER, M. (2001). Effects of a cyanobacterial bloom (*Cylindrospermopsis raciborskii*) on bacteria and zooplankton communities in Ingazeira reservoir (northeast Brazil). *Aquatic microbial ecology*, v. 25, p. 215–227.
- BOUVY, M., MOLICA, R., OLIVEIRA, S., MARINHO, M.; BEKER, B. (1999). Dynamics of a toxic cyanobacterial bloom (*Cylindrospermopsis raciborskii*) in a shallow reservoir in the semi-arid region of northeast Brazil. **Aquat. Microb. Ecol.**, vol 20, p. 285-297.
- CALIJURI, M. C.; SANTOS, A. C. A. D. ; JATI, S. (2002). Temporal changes in the phytoplankton community structure in a tropical and eutrophic reservoir (Barra Bonita, SP – Brazil). *Journal of Plankton Research*, v. 24, n. 7, p 617-634.
- CARMICHAEL, W.W.; AZEVEDO, S.M.F.O.; AN, J.S.; MOLICA, R.J.R.; JOCHIMSEN, E.M. (2001). Human fatalities from cyanobacterial chemical and biological evidence for cyanotoxins. **Environmental Health Perspectives**, v 109, p 7663-7668.
- COSTA, I.A.S., AZEVEDO, S.M.F.O., SENNA, P.A.C., BERNARDO, R.R., COSTA, S.M.; CHELLAPPA, N.T. (2006) Occurrence of toxin producing cyanobacteria blooms in a Brazilian semiarid reservoir. **Braz. J. Biol.**, 66, 211-219.

DANTAS, E.W., MOURA, A.N., BITTENCOURT-OLIVEIRA, M.C., ARRUDA-NETO, J.D.T.; CAVALCANTI, A.D.C. (2008) Temporal variation of the phytoplankton community at short sampling intervals in the Mundaú reservoir, Northeastern Brazil. **Acta Bot. Brasil.**, 22(4), 970-982

FALCONER, I.R.; HUMPAGE, A.R.(2005). Health Risk Assessment of Cyanobacterial (Bluegreen Algal) Toxins in Drinking Water. **J. Environ-Res. Public Health** 1(2): 43-50.

GENTIL, R.C.; TUCCI, A.; SANT'ANNA, C.L. (2008). Dinâmica da comunidade fitoplanctônica e aspectos sanitários de um lago urbano eutrófico em São Paulo, SP. **Hoehnea**, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 265-280.

LAPOLLI, F. R.; CORAL, L. A.; RECIO, M. A. L. (2011). Cianobactérias em mananciais de abastecimento – problemática e métodos de remoção. **Revista Dae**, 185, 09-17p.

LINS, R.P. (2006). **Limnologia da barragem de Acauã e codeterminantes socioeconômicos de seu entorno: uma nova interação do limnólogo com sua unidade de estudo**. Dissertação de Mestrado. PRODEMA/UFPB. João Pessoa, 2006.145 p.

PANOSSO, R.; COSTA, I. A. S.; SOUZA, N. R.; ATTAYDE, J. L.; CUNHA, S. R. S.; GOMES, F. C. F. (2007). Cianobactérias e cianotoxinas em reservatórios do estado do Rio Grande do Norte e o potencial controle de florações pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Oecologia brasiliensis**, v.11, n.3, p.433-449.

SOARES, M.C.S.; HUSZAR, V.L.M.; MIRANDA, M.N.; MELLO, M.M.; ROLAND, F.; LÜRLING, M. (2013). Cyanobacterial dominance in Brazil: distribution and environmental preference. **Hydrobiologia**, 717:1–12.

SOARES, M.C.S.; ROCHA, M.I.A.; MARINHO, M.M.; AZEVEDO, S.M.F.O.; HUSZAR, V.L.M. (2009). Changes in species composition during annual cyanobacterial dominance in a tropical reservoir: physical factors, nutrients and grazing effects. **Aquat. Micro. Ecol.**, 57: 137-149.

DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA

Gilson Bárbara

Universidade Integradas de Santa Fé do Sul –
Unifunec.

Município: Santa Fé do Sul: SP

Marcelo José Romagnoli

Universidade Integradas de Santa Fé do Sul –
Unifunec.

Município: Santa Fé do Sul: SP

Dagmar Aparecida de Marco Ferro

Universidade Integradas de Santa Fé do Sul –
Unifunec.

Município: São Carlos: SP

RESUMO: A sustentabilidade passou a ser vista como um fator que agrega maior competitividade ao agronegócio, sobretudo em termos de diferenciação de produtos. Este trabalho teve como objetivo discutir a problemática da sustentabilidade na agricultura, levando-se em consideração cultivo-meio ambiente, relacionando duas metodologias, adubação verde e compostagem, vantagens e desvantagens de cada uma das técnicas. Este estudo trata-se de uma pesquisa descritiva bibliográfica, como uma revisão de literatura por meio de artigos científicos e livros. Em relação à finalidade desta pesquisa, trata-se de uma pesquisa aplicada, na qual contribuirá para a ampliação do conhecimento científico sobre o problema proposto. Vários são os procedimentos

que podem amenizar os impactos da agricultura sobre o meio ambiente. Dentre eles citamos a adubação verde. Hoje sabe-se que seu objetivo não é colocar massa verde na superfície do solo ou enterra-la, pois libera substâncias tóxicas durante sua decomposição anaeróbica, mas é manter a cobertura permanente do solo. Os agricultores devem pensar e utilizar métodos de uma produção sustentável por meios de utilização de tecnologias apropriadas; De acordo com uma maior demanda de alimentos nos próximos anos, é preciso levar a todas as nações a importância de produzir preservando o meio ambiente; A sustentabilidade dentro do setor produtivo têm diversos caminhos para preservar o meio ambiente; utilizando práticas conservacionistas; melhor uso da utilização de água, e práticas como adubação verde e compostagem para manter e até aumentar a estruturação e fertilidade do solo; Como perspectiva futura, realizar um trabalho de conscientização para a produção de forma sustentável.

PALAVRAS

Sustentabilidade;
Compostagem.

CHAVE:

Agricultura;
Adubação Verde;

1 | INTRODUÇÃO

A palavra sustentável é originada do latim: sus-tenere e significa “sustentar, suportar ou manter” (KAMIYAMA, 2011). A sustentabilidade passou a ser vista como um fator que agrega maior competitividade ao agronegócio, sobretudo em termos de diferenciação de produtos, estratégias de entrada em novos mercados ou mesmo como forma de atendimento de uma demanda específica no mercado em que a organização atua, (SILVA; CALEMAN, 2015).

2 | OBJETIVO

Este trabalho teve como objetivo discutir a problemática da sustentabilidade na agricultura, levando-se em consideração cultivo-meio ambiente, relacionando duas metodologias, adubação verde e compostagem, vantagens e desvantagens de cada uma das técnicas.

3 | METODOLOGIA

Este estudo trata-se de uma Pesquisa Descritiva Bibliográfica. Gil (2009) classifica pesquisa bibliográfica como uma revisão de literatura elaborada por meio de artigos científicos e livros. Em relação à finalidade desta pesquisa, trata-se de uma pesquisa aplicada, na qual contribuirá para a ampliação do conhecimento científico sobre o problema proposto.

4 | RESULTADOS

Vários são os procedimentos que podem amenizar os impactos da agricultura sobre o meio ambiente. Dentre eles citamos a adubação verde. Quando da sua implantação, muitos erros foram cometidos devido as interpretações errôneas do que seria realmente esse processo. Hoje sabe-se que seu objetivo não é colocar massa verde na superfície do solo ou enterra-la, pois libera substancias toxicas durante sua decomposição anaeróbica, mas é manter a cobertura permanente do solo. Muitos efeitos benéficos podem ser descritos como o aumento do teor de matéria orgânica, desde que utilizada continuamente; diminuição dos índices de erosão, protegendo o solo de chuvas fortes; aumento da retenção de água no solo; recuperação de solos degradados e adensados; diminuição da perda de nutrientes tais como o nitrogênio; redução da quantidade de plantas invasoras; favorecimento da proliferação de minhocas no solo e interrupção e/ou redução do ataque de pragas e doenças(LIMA; MENEZES 2010). A compostagem é um processo ecológico, simples e fácil que oferece vantagens para as plantas tais como a melhoria da saúde do solo permitindo a ligação da matéria orgânica decomposta com partículas de areia, limo e argila, ajudando na retenção, auxilia na drenagem do solo melhorando aeração e a capacidade de infiltração de

água, conseqüentemente reduz a erosão, dificulta ou impede a germinação de sementes de plantas invasoras, diminui a incidência de doenças de plantas, auxilia na manutenção da temperatura e dos níveis de acidez do solo, entre tantos outros benefícios (GAZANÊO, 2012).

É importante salientar que a escolha dos resíduos orgânicos é importante para minimizar contaminações com outros materiais que possam influenciar a qualidade do composto. Da mesma forma que a adubação verde, existem desvantagens quanto a sua produção e utilização. A observação e a manutenção da compostagem deve ser realizada com acompanhamento da temperatura, umidade e arejamento, assim como a presença de pequenos animais, pois são fatores determinantes no processo para se obter um bom composto (GAZANÊO, 2012). Uma das desvantagens desse processo é que as características da matéria orgânica variam com o tempo, o clima e o tipo de operação de recolha da matéria a ser utilizada no processo. Outra desvantagem que podemos destacar é o odor desagradável, surtos de moscas sobre a pilha e cheiro de amônia. (MENEZES 2010).

5 | CONCLUSÃO

Os agricultores devem pensar e utilizar métodos de uma produção sustentável por meios de utilização de tecnologias apropriadas; De acordo com uma maior demanda de alimentos nos próximos anos, é preciso levar a todas as nações a importância de produzir preservando o meio ambiente; A sustentabilidade dentro do setor produtivo têm diversos caminhos para preservar o meio ambiente; utilizando praticas conservacionistas; melhor uso da utilização de água, e práticas como adubação verde e compostagem para manter e até aumentar a estruturação e fertilidade do solo; Como perspectiva futura, realizar um trabalho de conscientização para a produção de forma sustentável.

REFERÊNCIAS

GAZANÊO, L. **Pensando A Compostagem Como Ferramenta de Aprendizagem Significativa**. São Jose dos Campos: SP. Universidade do Vale do Paraíba, 2012.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

KAMIYAMA, A. **Agricultura sustentável**: Cadernos de Educação Ambiental. São Paulo: SMA, 2011.

LIMA, R.; MENESES, V. **Utilização da Adubação Verde na Agricultura Sustentável**. Tocantins: TO. Faculdade Católica Do Tocantins Disciplina Estágio Supervisionado, 2010.

SILVA, D. B. CALEMAN, S. M. Q. **Sistemas Agroindustriais Sustentáveis: Uma Aplicação Da Economia Dos Custos De Transação**. Aquidabã: SE, Revista Brasileira de Administração Científica, 2015.

DIAGNÓSTICO DAS COMUNIDADES RURAIS DIFUSAS PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DO CANAL DO SERTÃO ALAGOANO

Eduardo Jorge de Oliveira Motta

RESUMO: A bacia hidrográfica do rio São Francisco apresenta uma vasta variedade do ponto de vista social, cultural, ambiental e climático. No entanto, a presença de água nas regiões semiáridas, onde os rios possuem consideráveis volumes, a exemplo do São Francisco, nos traz a falsa ideia de que a região não sofre os efeitos das secas. Portanto, faz-se necessário um estudo detalhado da região, visando apresentar alternativas de melhoria das condições de vida à população. Desta forma, o presente estudo se insere como uma ferramenta de fundamental importância para o conhecimento das potencialidades e limitações socioambientais do território, possibilitando a implementação de ações produtivas sustentáveis. Tem como objetivo apresentar uma estratégia de desenvolvimento hidroagrícola para as 97 comunidades rurais difusas, localizadas nos municípios de Água Branca, Delmiro Gouveia e Pariconha, nas áreas de influência dos primeiros 65 km do Canal do Sertão Alagoano, para a prosperidade da região e de seus habitantes. Caracteriza-se por ser uma ferramenta de planejamento para ações estruturantes e sustentáveis, por meio do uso da água do canal e, assim, promover a transformação sócio econômica de

aproximadamente 8 mil famílias que vivem na área de abrangência do presente trabalho.

PALAVRAS-CHAVE: Desenvolvimento regional sustentável, comunidades rurais, gestão dos recursos hídricos.

ABSTRACT: The hydrographic basin of the river São Francisco offers a wide variety in terms of social, environmental and climate. However, the presence of water in semi-arid regions, where rivers have considerable volumes, like the São Francisco, brings us the false idea that the region does not suffer the effects of droughts. Therefore, it is necessary a detailed study of the region, seeking alternatives to improve the conditions of life of citizens. In this way, the present study is inserted as a tool of fundamental importance for the knowledge of the socio-environmental potentials and limitations of the territory, making possible the implementation of sustainable productive actions. It aims to present a strategy of hydro-agricultural development for the 97 diffuse rural communities, located in the municipalities of Agua Branca, Delmiro Gouveia and Pariconha, in the areas of influence of the first 65 km of the Sertão Alagoano Canal, for the prosperity of the region and its population. It is characterized by being a planning tool for structuring and sustainable actions, through the use of canal water and, thus, to promote the socioeconomic transformation of approximately

8 thousand families living in the scope of this work.

KEYWORDS: Sustainable regional development, rural communities and anagement of water resources.

INTRODUÇÃO

A importância do acesso à água visa garantir o direito humano às condições de vida básica e adequadas, do qual a água faz parte e está explícita nas diretrizes da Política Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional, instituída pelo Decreto nº 7.272/2010, Art.3º, segundo o qual o Estado deve atuar na promoção do acesso universal à água de qualidade e em quantidade suficiente, com prioridade para as famílias em situação de insegurança hídrica e para a produção de alimentos na agricultura familiar de forma sustentável.

O aproveitamento múltiplo das águas, Campos (2011) avalia que deve ter duas dimensões: na quantitativa e na qualitativa, pois se percebe a necessidade e importância de uma visão conjunta e integrada destes aspectos, também considerados princípios da gestão dos recursos hídricos.

A bacia hidrográfica do rio São Francisco apresenta uma vasta variedade do ponto de vista hídrico, climático, econômico, social e ambiental de uma forma geral. Nessa perspectiva, a presença de uma grande quantidade de água nos cursos perenes e em represas existentes no semiárido, onde as bacias em sua maioria são intermitentes, nos trás a falsa ideia de que as regiões inseridas no norte de Minas Gerais, Bahia, Pernambuco, Alagoas e Sergipe, não sofrem os efeitos das secas.

A região semiárida do estado de Alagoas apresenta índices médios de precipitação pluviométrica inferiores a 500 mm/ano, estando contida na bacia do São Francisco, que possui no estado, uma área de 14.631 km². A maioria dos afluentes do rio São Francisco ali existentes se caracterizam por serem intermitentes, não permitindo com isso, a expansão de forma sustentável de culturas agrícolas temporárias e, conseqüentemente, impedindo a implantação de pólos agroindustriais. Portanto, o desenvolvimento da agricultura na região, depende fundamentalmente da irrigação, havendo grandes desafios de manutenção dos pólos urbanos e rurais existentes, em razão de frequentes e severas estiagens.

Nessa perspectiva, o Canal do Sertão Alagoano, concebido para proporcionar alternativas sustentáveis de desenvolvimento regional, está destinado a múltiplos usos, dentre eles o abastecimento urbano e rural para o consumo humano e animal, irrigação, agroindústrias, piscicultura, turismo e lazer, abrangendo 37 municípios do agreste e sertão alagoano. Juntos correspondem a uma área de 10.431 km², representando 71,3% de todo o vale do São Francisco alagoano e, em torno de 37,8% do território do estado de Alagoas. O canal, cujo traçado pode ser verificado na figura 1, quando concluído, com aproximadamente 280 km de extensão, beneficiará mais de

1 milhão de habitantes.

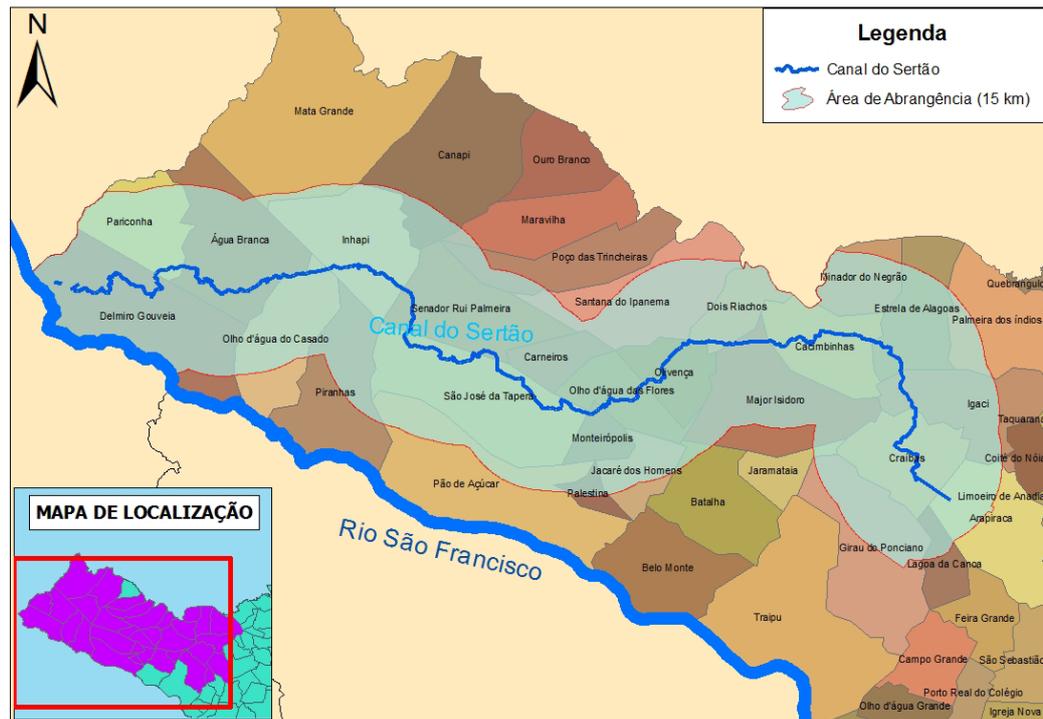


Figura 1 – Área de abrangência do canal e os municípios a serem beneficiados em Alagoas

A elaboração deste diagnóstico, tem como subsídio o aproveitamento hidroagrícola das comunidades rurais difusas, a partir da utilização da água do canal, sendo de grande importância, uma vez que é uma atividade para conhecimento das potencialidades e limitações socioambientais do território, possibilitando um melhor gerenciamento à ocupação e o uso racional do solo e, conseqüentemente, a implementação de atividades produtivas sustentáveis.

OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo apresentar o diagnóstico hidroagrícola das comunidades rurais difusas localizadas na área de influência do Canal do Sertão Alagoano, para o planejamento de ações estruturantes sustentáveis e de gestão dos recursos hídricos, a partir do uso da água do canal para atividades de abastecimento e produtivas e, assim, promover a transformação sócio econômica da região do semiárido e agreste alagoano, utilizando como estudo de caso os municípios de Água Branca, Delmiro Gouveia e Pariconha.

MÉTODOS

A Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba – Codevasf realizou o levantamento cartográfico/aerofotográfico; levantamento

pedológico, classificação de terras para irrigação e aptidão agrícola e estudo de viabilidade do aproveitamento integrado dos recursos hídricos do Canal do Sertão Alagoano, visando criar segurança hídrica e alternativa de desenvolvimento econômico à região do semiárido e agreste alagoano.

A presidência da República lançou no estado de Alagoas, em 26 de julho de 2011, por meio do Decreto Nº 7.535, que instituiu o Programa Água Para Todos, visando à universalização do acesso à água em áreas rurais para consumo humano e para a produção agrícola, destinado ao pleno desenvolvimento humano e a segurança alimentar e nutricional de famílias em situações de vulnerabilidade social.

Para tanto, a Codevasf realizou uma grande mobilização social que resultou na participação de todos os beneficiários em oficinas de capacitação em Gestão da Água, além de impulsionar de maneira espontânea a formação de Comitês Gestores Municipais, constituídos pelas lideranças das principais organizações da sociedade civil e poderes públicos municipais, como também a constituição de Comissões Comunitárias, existentes em todos os povoados trabalhados, cujas organizações representam e dão legitimidade ao Programa, criando assim, uma rede soberana e de participação popular, tendo como resultado o fortalecimento das organizações sociais em torno do Programa Água Para Todos.

Assumindo o desafio de propor de forma prática e ágil a utilização da água proveniente do Canal do Sertão Alagoano, uma vez que o canal entraria em operação em março de 2013, conforme ilustrado na figura 2, a equipe do Programa Água Para Todos da Codevasf em Alagoas, deu início em setembro de 2012 ao levantamento hidroagrícola dos povoados e assentamentos da zona rural dos municípios inseridos na área de abrangência do canal, visando o planejamento do acesso à água para consumo humano e inclusão produtiva.

Para a estruturação e gerenciamento deste trabalho, foi realizado o georreferenciamento de todas as povoações na área de estudo, resultando no mapeamento e no diagnóstico hidroagrícola das comunidades difusas da região.

Esta etapa foi realizada por meio do diálogo entre pesquisador e pesquisado através da aplicação de um questionário semiestruturado, que viabilizou uma abordagem fiel sobre as temáticas e, conseqüentemente, a interpretação da realidade, sob o ponto de vista social, econômico, ambiental, sistemas de produção vegetal e animal, identificação dos programas sociais existentes, as tecnologias adotadas, recursos hídricos disponíveis, formas de comercialização da produção, visando diagnosticar o perfil rural das atividades existentes e anseios das pessoas envolvidas, Verdejo (2006).



Figura 2 – Vista panorâmica do Canal do Sertão Alagoano

Foram ainda observadas as formas de ocupação do espaço rural e da produção agrícola, assim como as técnicas adotadas e a forma de utilização dos recursos naturais, como também foram constatadas reivindicações em relação às políticas públicas e programas sociais; as transformações com a ruptura do passado em comparação com a realidade presente; perspectivas das comunidades com o futuro das gerações sucessoras à permanência no meio rural, entre outras indagações.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A pesquisa foi realizada no período de setembro de 2012 a janeiro de 2013, compreendendo os núcleos populacionais rurais dos municípios alagoanos de Água Branca, Delmiro Gouveia e Pariconha, no trecho compreendido do marco zero ao quilômetro 65 do Canal do Sertão Alagoano, estando essa etapa em operação, conforme ilustrado na figura 3.



Figura 3 – Comunidades rurais a serem beneficiadas com água do canal nos municípios de Água Branca, Delmiro Gouveia e Pariconha

Água Branca

Os povoados rurais difusos estão situados, percentualmente, em: sítios (64,51%), povoados (12,90%), distritos (12,90%) e assentamentos (12,90%), onde 1.985 famílias residem nos 31 núcleos populacionais existentes na área rural do município, totalizando 9.925 habitantes que desenvolvem atividades agropecuárias.

Com referência a existência de organizações associativistas, foi verificado que 17 núcleos, representando 54,84%, não possuem associação, enquanto em 14 núcleos, correspondendo a 45,16%, possuem.

As unidades familiares são medidas em hectare, apresentando uma estrutura fundiária que varia de 0,5 a 150 ha, com predominância da produção agropecuária familiar. Entre os produtos comercializados, predomina a farinha de mandioca, feijão, milho, derivados da cana de açúcar e frutas, além da oferta dos derivados do leite e carnes (caprino, ovino e bovino).

Com referência a ATER, 6 comunidades, ou seja, 19,35% recebem esse serviço, feitos por meio da Secretária Municipal de Agricultura de Água Branca, pela SEAGRI, através da Cooperativa dos Agricultores Familiares de Delmiro Gouveia (Coofadel) e/ou pela Comissão Pastoral da Terra (CPT). As demais 25 comunidades, perfazendo 80,65% dos núcleos rurais do município, não referenciaram a existência desse benefício.

Em relação à existência de reservatórios comunitários de água, verificou-se que 54,84% dos núcleos habitacionais possuem açudes e barreiros. Estes reservatórios são estratégicos para a região semiárida, pois, destinam-se a reservar água para dessedentação animal e usos diários das famílias. O processo produtivo é intensificado

no período do inverno, destacando-se o plantio de milho, feijão, fava, abóbora, melancia e mandioca.

No aspecto irrigação, ficou constatado que 100% dos núcleos rurais não possuem esse sistema.

Quanto a comercialização dos produtos agropecuários, as famílias utilizam os espaços das feiras e mercados públicos para comercialização direta, além da participação em programas do Governo Federal, como o PAA e o PNAE. Também, existe a forma de comercialização feita por atravessadores.

Com relação ao aspecto pecuário, 9,67% das comunidades desenvolvem explorações extensivas de caprino/ovino/bovino, 48,39% desenvolvem ovino/bovino, 32,26% exploram a atividade de bovinocultura. O tamanho do rebanho está relacionado com o perfil fundiário de cada proprietário.

Delmiro Gouveia

Os núcleos populacionais rurais estão distribuídos da seguinte forma: povoados (51,43%), assentamentos (31,43%), distritos (8,57%), sítios (5,71%) e acampamentos (2,86%).

Verifica-se aproximadamente um total de 3.829 famílias nos 39 núcleos populacionais existentes, contemplando um universo de 19.145 pessoas que residem e desenvolvem atividades agropecuárias.

Com referência a existência de organizações associativistas, foi detectado que 7 (17,95%) núcleos não possuem e 32 (82,05%) possuem.

As áreas das unidades familiares, medidas em hectares, apresentam uma grande variabilidade em relação as suas extensões territoriais, de acordo com a atividade agropecuária desenvolvida. Nota-se a dominância da agricultura familiar camponesa, fomentadora de produtos de origem vegetal e animal.

Observou-se que 10 núcleos apresentam infraestruturas de uso coletivo como, casa de beneficiamento de mandioca, forrageira, trilhadeira de grãos e plantadeira manual e, as outras 29 comunidades não possuem nenhuma infraestrutura e/ou implemento de uso comum. Quanto ao serviço de Assistência Técnica e Extensão Rural (ATER), 6 núcleos recebem esse benefício prestado pela Secretária Municipal de Agricultura de Delmiro Gouveia e/ou da Secretária de Estado da Agricultura e do Desenvolvimento Agrário (SEAGRI), como também pelo Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE), através do Programa PAIS – Produção Agroecológica Integrada e Sustentável.

Quanto ao sistema comunitário de reservatório de água (açude, barragem, barreiro), 51,5% das comunidades apresentam um tipo ou mais, além de possuírem instalações para captação e armazenamento de água de chuva, ao passo que, 48,5% não possuem sistema comunitário.

Os sistemas produtivos estão inter-relacionados, contudo, vê-se a resistência

dos agricultores, na promoção do desenvolvimento da agricultura de subsistência. Esses cultivos são intensificados no período úmido, destacando-se o milho, feijão, fava, abóbora, melancia e mandioca.

No aspecto irrigação, 17,95% dos núcleos compostos pelos sítios São José, Olho D'Águinha e Canafístula; os assentamentos Lameirão, Malhada e Boa Vista; e pelo acampamento Juá, desenvolvem agricultura irrigada, fazendo a captação diretamente do rio São Francisco ou da barragem Moxotó. Todos os investimentos em equipamentos, rede elétrica e sistema de bombeamento foram feitos com recursos próprios. Situação diferenciada encontra-se no acampamento Juá, com 86 famílias, onde a maioria desenvolve sistemas de produção de hortaliças, fruticultura e forragicultura, utilizando sistema de irrigação do PAIS, além de micro aspersão e aspersão convencional.

Quanto à comercialização dos produtos agropecuários, as famílias utilizam os espaços das feiras e mercados públicos para comercialização direta ao consumidor, além da participação em programas dos governos federal e municipal, a exemplo do Programa de Aquisição de Alimentos (PAA) e do Programa Nacional da Alimentação Escolar (PNAE), se utilizam da forma de comercialização por meio de atravessadores.

Em relação às atividades pecuárias, respectivamente, 56,41% e 28,21% das comunidades desenvolvem explorações extensivas de caprino/ovino/bovino e ovino/bovino. Tais características do rebanho estão relacionadas com o tamanho da propriedade.

Pariconha

Nos 27 núcleos populacionais rurais existentes no município, constatou-se a existência de 2.223 famílias, correspondendo a 11.115 pessoas distribuídas da seguinte maneira: sítios (59,26%), povoados (29,63%), distritos (3,70%), aldeias indígenas (3,70%) e acampamentos (3,70%).

Em relação a existência de organizações associativistas, foi verificado que 12 (44,44%) núcleos não possuem associação e 15 (55,56%) possuem.

As áreas das unidades familiares, medidas em hectare, se apresentam divididas por minifúndios, variando de 0,5 a 66 ha, predominando a agricultura familiar.

O abastecimento d'água das populações rurais é realizado em 12 comunidades (44,44%), sendo feita pela Companhia de Saneamento de Alagoas (CASAL) na forma de escalonamento semanal, porém, as famílias reclamam da oferta ser insuficiente para o consumo e demandas rotineiras. Em 15 comunidades (55,56%) as fontes hídricas utilizadas são provenientes de açude, cisterna, poço artesiano e barreiro.

O diagnóstico detectou que 19 núcleos (70,37%) apresentam infraestrutura comunitária, a exemplo de casa de beneficiamento de mandioca, forrageira, trilhadeira de grãos e plantadeira manual, enquanto 8 comunidades, representando (29,63%), não possuem nenhuma infraestrutura de uso comum. Quanto a ATER, 3 comunidades (11,11%) ressaltaram receber esse tipo de serviço, prestado pela Secretária Municipal de Agricultura de Pariconha e/ou pela SEAGRI. As demais 24 comunidades (88,89%)

não foram constatadas a existência de serviços de ATER. Quanto ao sistema comunitário de reservatório de água tipo açude, barragem e/ou barreiro, 66,67% das comunidades apresentam uma ou mais fontes de abastecimento, além de possuírem locais para captação e armazenamento de água de chuva, ao passo que, 33,33% não possuem sistema comunitário.

No aspecto irrigação, foi verificado que somente o sítio Areias do Moxotó desenvolve atividade de cultivo irrigado de forma pontual, feita com recursos próprios.

Quanto à comercialização dos produtos de origem vegetal e animal, as famílias utilizam os espaços das feiras e mercados públicos para comercialização direta, além da participação em programas do Governo Federal do tipo PAA e o PNAE, existindo também a forma de comercialização indireta, através de atravessadores.

Em relação à atividade pecuária, 40,74% das comunidades desenvolvem explorações extensivas de caprino/ovino/bovino. O tamanho do rebanho está relacionado com o perfil fundiário do proprietário.

CONCLUSÕES

Diante desses dados veem-se no semiárido brasileiro, dentro do bioma Caatinga, concentrações dispersas significativas de populações que vivem da atividade rural, desenvolvendo habilidades diversas para a convivência com a escassez hídrica. Porém, há experiências exitosas a partir da utilização adequada de recursos hídricos, da preservação e conservação da biodiversidade, as boas práticas de manejo e conservação de solos, além da valorização das tradições sertanejas. Ressalta-se, também, os bancos comunitários de sementes, as muretas de pedras para a contenção de processos erosivos, caldeirões, cisternas, barragem subterrânea, o manejo de recursos forrageiros agroextrativistas.

Constata-se ainda que os arranjos produtivos priorizam a segurança alimentar com a produção de grãos, principalmente milho e feijão.

Quanto a atividade pecuária, a mesma se destaca na produção de ovinos, caprinos e bovinos, baseada em estoques forrageiros, predominando pastos nativos, silagem de milho e palma, como também a utilização de cactáceas e bromélias nativas da caatinga, a exemplo do mandacaru, xique-xique e macambira, além de outras espécies arbustivas que são apreciadas por animais de pequeno porte. Portanto, a conservação desse bioma é de fundamental importância para a sustentabilidade da região do semiárido brasileiro.

Do ponto de vista fisiográfico, pode-se constatar que os núcleos populacionais dos municípios de Delmiro Gouveia, Pariconha e Água Branca apresentam distintos tipos de solos, com potencialidade e limitações para sistemas de produção irrigada. Dessa forma, fica evidente que, para serem criadas estratégias de ações para a melhoria da qualidade de vida no semiárido, é necessário reconhecer que há diferentes tipos de demandas de água dentro de um agroecossistema familiar, visto que é comum

constatar variáveis nos estudos de diagnóstico construtivo e investigativo, destacando-se as dimensões sociais, econômicas, políticas, produtivas, culturais e ambientais.

Logo, tendo em vista todo o contexto da região, as alternativas de melhoria das condições de vida dos cidadãos, foram embasadas ao longo do tempo levando em consideração as peculiaridades da região. As alternativas tradicionais de abastecimento de água da população difusa na bacia, não eram consideradas viáveis, dada a distribuição dispersa da população. Com isso sempre se recorreu a tecnologias alternativas, adaptadas à realidade local de modo a garantir um suprimento de água regular à população rural local, incompatível ao desenvolvimento regional sustentável.

A partir dessa perspectiva, o Canal do Sertão Alagoano foi planejado como alternativa ao desenvolvimento regional, garantindo a oferta de água para consumo às populações do sertão e agreste, como também a inclusão produtiva, passando a viabilizar tanto metodologias tradicionais quanto a adoção de tecnologias agropecuárias.

Desta forma, técnicas de atendimento das demandas de águas de populações rurais difusas tradicionais, como sistemas de adução, deverão ser implementados e intensificados, os quais possibilitarão mudar o perfil de extrema pobreza que impera na região. O sistema de distribuição de água para irrigação e dessedentação animal a ser adotado, deve contemplar as áreas difusas propícias para o cultivo, como os quintais produtivos das agrovilas, os lotes dos assentamentos, além de promover o planejamento de ações territoriais para o desenvolvimento dos arranjos produtivos, de acordo com as vocações locais.

Logo, este diagnóstico serve como base para o planejamento de ações que devem ser implementados visando o acesso à água para as comunidades rurais difusas na área de abrangência do Canal do Sertão Alagoano, para fins de consumo humano, à produção agropecuária e a consolidação de pólos industriais que venham modificar os índices de extrema pobreza que predomina na região a partir de aduções diretas do canal, justificando dessa forma, o investimento realizado pelo Governo Federal na construção do canal.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome. **Decreto nº 7.272 de 2010**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/decreto/d7272.htm. Acessado em: 03 abr.2013.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Decreto Nº 7.535 de 2011**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2011/Decreto/D7535.htm. Acessado em: 03 abr. 2013.

CAMPOS, J. N. B. Águas superficiais no semiárido brasileiro: desafios ao atendimento aos usos múltiplos. In: MEDEIROS, S. de S. et al. (ed.) **Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas**. Campina Grande: INSA, 2011.

VERDEJO, M. E. **Diagnóstico rural participativo: guia prático**. Brasília: MDA / Secretaria da Agricultura Familiar, 2006.

DIAGNÓSTICO SOCIOECONÔMICO E FORMULAÇÃO DE PROJETOS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA PARA A REGIÃO RURAL DA CIDADE DE BELÉM – PA.

Roberta Andrade Ribeiro

Universidade Federal do Pará
Belém – Pará

Ana Carla Bezerra Santos

Universidade Federal do Pará
Belém – Pará

Ronaldo Lopes Rodrigues Mendes

Universidade Federal do Pará
Belém – Pará

Maria Ludetana Araújo

Universidade Federal do Pará
Belém – Pará

Antônio de Noronha Tavares

Universidade Federal do Pará
Belém – Pará

Rubens Takeji Aoki Araujo Martins

Universidade Federal do Pará
Belém – Pará

Gustavo Neves Silva

Universidade Federal do Pará
Belém – Pará

RESUMO: A Amazônia brasileira vive hoje um paradoxo com relação à água, apesar das riquezas em recursos hídricos, parte da população que vive na região amazônica não possui acesso à água própria para o consumo. Em Belém, capital do estado do Pará, o problema é evidente na região rural da cidade que em função das suas características peculiares,

um sistema público de abastecimento de água se torna inviável. O objetivo deste artigo é discorrer sobre os sistemas de aproveitamento de águas pluviais desenvolvidos para as comunidades ribeirinhas pelo Grupo de pesquisa da Universidade Federal do Pará, GPAC Amazônia; assim como realizar um diagnóstico socioeconômico de seis ilhas e da região de várzea do igarapé do Aurá, Belém/PA e divulgar os trabalhos de educação sanitária e ambiental promovidas. A partir da análise dos resultados obtidos em campo, concluiu-se que a implantação dos sistemas de água de chuva como tecnologia alternativa ajudaria a controlar o consumo de água de fontes não confiáveis, tendo em vista que 66% dos moradores entrevistados não se preocupam com a qualidade da água consumida, além de ser uma tecnologia simples e acessível, o próprio clima amazônico, com precipitações anuais médias de 3000 mm, favorece a sua utilização.

PALAVRAS-CHAVE: Abastecimento de água chuva, tecnologias sociais.

ABSTRACT: The Brazilian Amazon is currently experiencing a paradox related to water, despite the abundance of water resources, part of the population that live in the Amazon region do not have access to water fit for consumption. In Belem, State of Pará, the problem is evident in the rural area of the city and due to their peculiar

characteristics, a public system of water supply is not feasible. The purpose of this article is to discuss about the rainwater harvesting systems developed for the local communities by the research group of the Federal University of Pará, GPAC Amazônia; conduct a socioeconomic diagnosis of six islands and the lowland region of Aura, Belém/PA and divulge environmental education work promoted. From the analysis of the results obtained in the study area, it was concluded that the implementation of rainwater harvesting as an alternative technology would help to control the consumption of water from unreliable sources, considering that 66% of the residents interviewed do not care about the quality of the water consumed. In addition to being a simple and affordable technology, even the Amazon climate, with average annual rainfall of 3000 mm, favors its use.

KEYWORDS: Rainwater harvesting, social technologies.

1 | INTRODUÇÃO

A utilização da água em quantidade e condições favoráveis ao consumo é preocupação do ser humano desde o princípio da vida. Atualmente, o grande aumento populacional, uso excessivo dos recursos hídricos sem um cuidado necessário para a sua conservação e eventos ambientais extremos tem levado a falta deste recurso até mesmo em locais antes com abundância. Por conseguinte, intensificaram-se as guerras pela água e a busca por novas fontes do recurso natural ou mesmo a utilização da água de reuso.

A região Amazônica detém o maior volume de recursos hídricos em relação ao mundo, porém atualmente muitas localidades estão sofrendo com a falta de água em quantidade e principalmente qualidade satisfatória, seja pela escassez do recurso em determinada região ou pela poluição indiscriminada dos ecossistemas lênticos e lóticos. Esse é o caso, por exemplo, da região de várzea do Bairro do Aurá localizada na cidade de Belém e das ilhas presentes em seu entorno.

A cidade de Belém está localizada no Estado do Pará, Região Amazônica, e é dividido em área rural e urbana. Segundo o Plano municipal de saneamento básico de abastecimento de água e esgotamento sanitário de Belém-Pará (PMSB, 2014), a região rural compreende as 39 ilhas estabelecidas pela lei Municipal nº 7.682 de 05/01/2014, com um total de 329.936.103,64 m² de extensão territorial. As ilhas são compostas por uma população de 11.924 pessoas, segundo o Censo demográfico do IBGE (2010), no entanto, estima-se que atualmente esse valor seja bem maior e estão localizadas no entorno da cidade de Belém (01°27'20" S, 48°30'15" W).

Segundo estudos de Veloso e Mendes (2013); Andrade (2012) e Santos (2014), as ilhas de Belém encontram-se em situação desfavorável em relação à aquisição de água potável, pois apesar de a região ser cercada por água, esta se encontra em relativa proximidade aos centros urbanos das cidades e vem sofrendo com grandes cargas poluidoras, além de não contarem com sistemas de abastecimento de água convencionais, como os utilizados nas cidades, devido às peculiaridades regionais, como áreas inundadas e residências muito afastadas umas das outras. Essa situação

contribui com a busca por outras fontes de água muitas vezes sem a qualidade adequada para o consumo humano ou mesmo a utilização da água dos rios que estão em processo de degradação.

Com isso, a captação da água de chuva seria uma solução alternativa e eficaz para suprir o abastecimento das comunidades rurais da cidade, além de a própria pluviosidade Amazônica ser favorável para a utilização dos sistemas, com uma média anual pluviométrica de 3096,08 mm, segundo dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) em sua série histórica de dados correspondentes ao período de 1968 a 2013 (45 anos).

Devido a essa problemática, com o intuito de minimizar a insalubridade ambiental à que essa população está sendo exposta, o Grupo de Pesquisa Aproveitamento de Água de Chuva na Amazônia, Saneamento e Meio Ambiente (GPAC Amazônia) vinculado a Universidade Federal do Pará (UFPA), vem desenvolvendo tecnologias de captação de água pluvial que possam atender as necessidades dessas populações rurais, além de ações de educação sanitária e ambiental, realizadas a partir de um estudo prévio das condições socioeconômico e ambientais da região. O Grupo atua em 6 ilhas da região (Ilha do Combú, Grande, Jutuba, Murutucu, Paquetá e Longa), além da região de várzea do bairro do Aurá e atua em parceria com a Prefeitura de cidade Belém.

O objetivo deste artigo, portanto, é analisar os aspectos socioeconômicos das regiões analisadas, sendo os dados levantados pelos integrantes do Grupo GPAC Amazônia, mostrar a evolução dos sistemas de captação de água de chuva projetados e expor as ações de educação sanitária e ambiental realizadas. Sendo, a área de estudo do Grupo mostrada na figura 1.

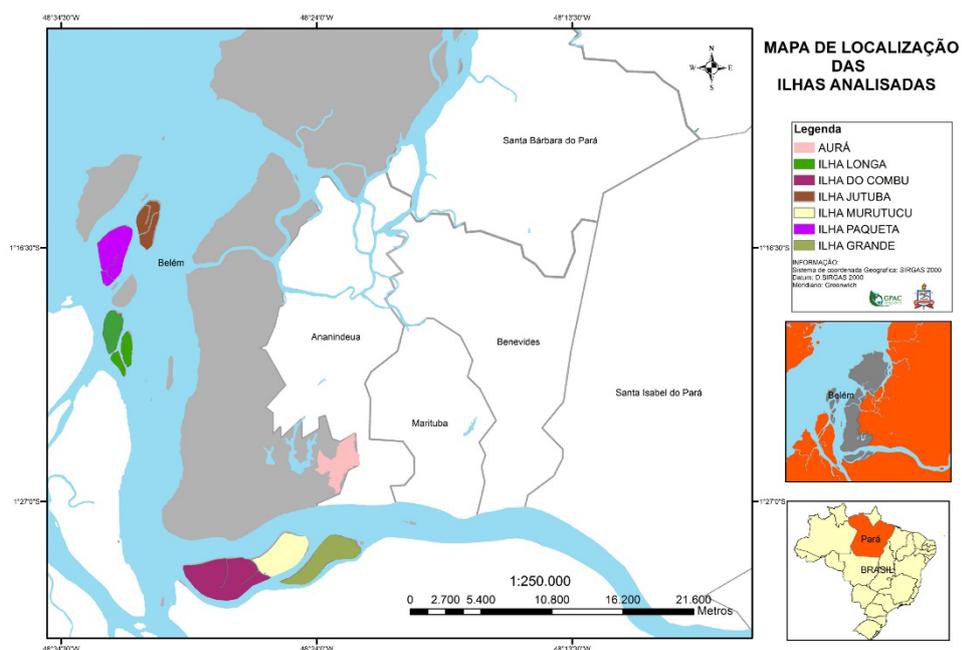


Figura 1 – Localização da região de várzea do bairro do Aurá e das 6 ilhas analisadas

2 | O ABASTECIMENTO DE ÁGUA NAS ILHAS DE BELÉM E DIAGNÓSTICO SOCIOECONÔMICO DA ÁREA DE ESTUDO

Segundo Veloso e Mendes (2013), as ilhas de Belém não possuem um sistema convencional de abastecimento de água em virtude das particularidades da região rural belenense que além de ser pouco povoada possui uma distribuição irregular das casas ao longo das ilhas. O abastecimento, então, encontra-se de forma diversificada, onde a ausência de um sistema público obriga os moradores ribeirinhos a buscarem formas alternativas de se obter água potável, sem a devida preocupação quanto à confiabilidade da fonte. Veloso e Mendes (2013) realizaram um estudo em duas ilhas de Belém, Grande e Murutucu, e verificaram que 65% dos moradores adquirem água sem um controle de qualidade, como em poços sem confiabilidade comprovada ou mesmo direto do rio.

O plano municipal de saneamento de Belém (PMSB, 2014) estabelece que as formas de abastecimento de água para a região rural de Belém serão realizadas através de captação, tratamento e distribuição de águas subterrâneas, superficiais e também poderão ser utilizados sistemas de captação de água de chuva (SAACs). O desenvolvimento de tecnologias sociais como a captação de água pluvial é um importante meio para a promoção de certa autonomia quanto ao abastecimento das comunidades e suas diretrizes estão apresentadas no Plano Municipal de Saneamento da cidade.

Com o intuito de desenvolver tecnologias de captação de água pluvial, planejar o projeto mais viável e a melhor forma de intervenção social através de ações de educação sanitária e ambiental para a região rural da cidade, uma das primeiras atividades realizadas pelo Grupo GPAC Amazônia foi à realização de um estudo socioeconômico da região. Esse estudo foi realizado nas 6 ilhas mencionados e na região de várzea do bairro do Aurá e serão instalados 200 SAACs, nessas regiões, para utilização potável da água com tecnologia desenvolvida pelo grupo e implantados pela Prefeitura de Belém.

Através do diagnóstico realizado verificou-se que em relação à moradia 76% das casas dos moradores contém entre 1 a 5 pessoas residentes, sendo a maioria dos casos com 4 pessoas já em relação a escolaridade do responsável pela moradia 72,8% apenas completaram o ensino fundamental (até a 8 série) ou nunca foram a escola, sendo que a maior parcela apenas cursou até a 4 série (34,6%). Isso demonstra o déficit educacional que a população ribeirinha da cidade de Belém apresenta e, por conseguinte, pode justificar a utilização de águas com pouca confiabilidade, tanto devido ao grau de conhecimento dessa população como a falta de recursos para conseguir água potável. O estudo evidencia que a maioria dos moradores (64,4%) adquire água através de poços (Poço vizinho) e água comprada de barqueiros (Comprada), que não possuem um devido controle de qualidade, como mostrado no gráfico 1.

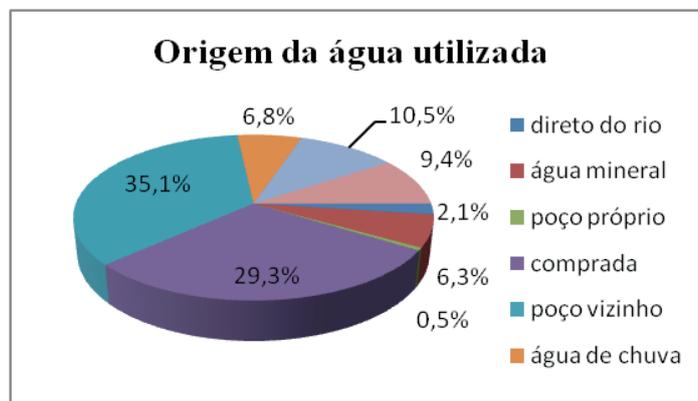


Gráfico 1– Origem da água utilizada pelos moradores

No que se refere à qualidade da água, julgada pelos moradores, a maioria acredita que a água utilizada é boa ou regular, 46,6% e 40,8% respectivamente. E referente ao tratamento realizado nesta água, 50,3% dos habitantes fazem tratamento e 49,7 não fazem, entre as formas de tratamento a mais utilizada é a desinfecção através de hipoclorito de sódio e a menos utilizadas são ferver e coar.

No que concerne ao conhecimento sobre um sistema de abastecimento de água de chuva e a aceitação de um, 78% dos moradores não conhecem um SAAC, no entanto, após breve explicação 97,9% dos entrevistados afirmam ter interesse em possuir um sistema. Em relação à facilidade em conseguir água potável 74,4% acreditam que contar com um SAAC seria mais acessível à aquisição de água, como mostrado no gráfico 2.

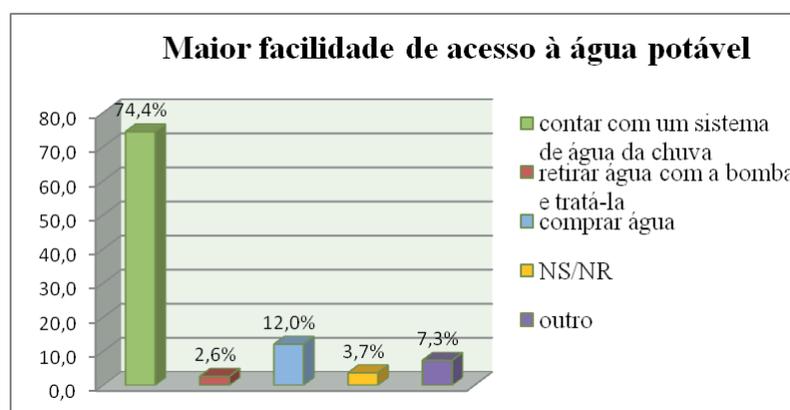


Gráfico 2 – Maior facilidade de acesso à água potável para os moradores

Através dos dados obtidos verifica-se a necessidade da população ribeirinha analisada em adquirir água de fontes mais confiáveis, pois, a falta de acesso à água de qualidade é muito preocupante para a saúde e qualidade de vida da população e em vista dessa problemática a busca de novas tecnologias como o abastecimento por captação de água de pluvial é um importante veículo para a promoção de saúde dessas comunidades. Atrelado a isso, observa-se uma grande aceitação dos moradores em obter um sistema de captação de água de chuva, além de muitos já estarem familiarizados com a desinfecção da água através de hipoclorito, forma de

desinfecção utilizada nos sistemas.

Os SAACs proporcionariam as comunidades, portanto, tanto melhorias na saúde como maior acessibilidade á aquisição de água, pois, os moradores acabam tendo a necessidade de se locomover por grandes distâncias para conseguir água ou mesmo comprar de barqueiros, sem ter a segurança de estar ingerindo uma água apropriada ao consumo humano.

3 I AÇÕES DE EDUCAÇÃO SANITÁRIA E AMBIENTAL E PROJETOS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA

As ações de educação sanitária e ambiental começaram a ser realizadas nas ilhas, no ano de 2014. As primeiras palestras realizadas consistiram na apresentação do sistema de captação de água de chuva desenvolvido pelo Grupo e visavam estabelecer um primeiro contato com as comunidades. As ações foram realizadas em parceria com a Cáritas de Belém; o Fórum das ilhas, uma organização criada a partir da necessidade de promover o desenvolvimento sustentável das ilhas que circundam Belém e região Metropolitana, e a Agência Municipal Reguladora de Água e Esgoto de Belém (AMAE).

No ano de 2015, ocorreu uma extensão do conteúdo das ações e os temas apresentados nas palestras realizadas na região de várzea do bairro do Aurá giraram em torno dos assuntos: Origem da água e seu ciclo na Terra, a sua importância e benefícios a saúde, o porquê da utilização dos SAACs nas comunidades, a eficácia dos sistemas já implantados e o seu funcionamento, os cuidados para mantê-lo funcionando corretamente e os benefícios aos usuários. As atividades também foram direcionadas as crianças do local, através de atividades de colorir e apresentação de um varal de curiosidades sobre a água.

As ações tiveram como objetivo a difusão de conhecimentos a cerca da importância da água, doenças de veiculação hídrica, o conhecimento sobre um SAAC e os benefícios de sua utilização, as formas de manutenção e o incentivo ao uso sustentável da água, com ênfase na importância da água para a saúde.



Em relação aos projetos de captação de água de chuva (SAACs), a elaboração dos sistemas foi realizada através do levantamento de dados dos questionários socioeconômicos e visitas “in loco” para a aquisição de dados quantitativos das áreas dos telhados, altura, comprimento e largura das casas, material utilizado na confecção das residências e dos telhados e localização dos compartimentos, e ao fim, realizada a escolha do melhor local para instalação do sistema, sendo a aquisição de dados realizada no período entre 25/08/2014 à 15/01/2015. As informações quantitativas coletadas foram manipuladas no software SPSS 22 e através dos sistemas já implantados pelo grupo foram projetados SAACs no software Autocade no programa SketchUp 2015 de acordo com as condições locais e melhor acessibilidade aos moradores.

Os dados quantitativos dos telhados adquiridos “in loco”, apresentaram os seguintes resultados: 97,9% das casas são de madeira, 16,8% dos telhados são constituídos de telhas de fibrocimento e 81,6% constituídos de telhas de cerâmica e a demais construção mista. As áreas de contribuição, ou seja, as áreas de telhados têm no mínimo 8,06 m² e no máximo 77,8 m², sendo a área média de aproximadamente 33,4 m². A altura mínima das casas (altura do piso até a base horizontal do telhado) varia de 1,78 m a 4,85 m e altura máxima (altura do piso até ponto mais alto do telhado) variando entre 2 m a 6,00 m. Além dos dados apresentados, foram analisados outros aspectos físicos como se área é alagada periodicamente ou não e a altura máxima que chega a água, localização da cozinha e do banheiro, tamanho do terreno e demais medições específicas das casas.

Os primeiros projetos desenvolvidos pelo grupo GPAC Amazônia e implantados na ilha Murutucu e ilha Grande possuem um funcionamento simples e foi projetado para ser o mais acessível para a população. Os sistemas são construídos sobre suportes de madeira e o seu funcionamento possui as seguintes etapas: A água é captada pelos telhados das residências, em seguida esta é direcionada as calhas, depois aos condutores verticais e horizontais, em seguida a água segue para os reservatórios de autolimpeza, onde um volume pré-estabelecido ficará armazenado (descarte das primeiras águas), geralmente utilizado nos sistemas 1 mm. Após o preenchimento dos reservatórios de autolimpeza a água segue direto para o reservatório superior e em seguida o líquido é filtrado em filtro de areia e seixo e passa para o reservatório inferior. Após esse processo a água é direcionada a casa do morador e esta armazena em reservatórios e adiciona a quantidade estipulada de Hipoclorito de Sódio necessário à desinfecção. A figura 4 demonstra o sistema implantado na ilha Grande.

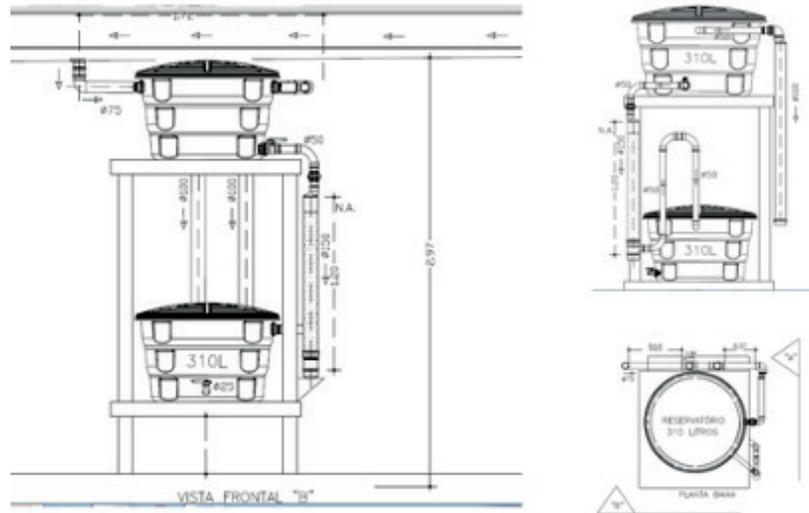


Figura 4: Vista frontal do sistema da ilha Grande

Os projetos mais atuais seguem um processo parecido com os primeiros implantados, a diferença situa-se no filtro, ao invés do filtro ser acoplado junto com os reservatórios e ser constituído de areia e seixo, o mais atual é o chamado filtro de barro, contendo uma vela filtrante, e é instalado na casa do morador, portanto, não sendo mais necessário o reservatório inferior. Nesse caso, após o armazenamento dos primeiros milímetros de água de chuva nos reservatórios de autolimpeza e passagem de água pelo reservatório superior, a água seguirá direto para a casa do morador e passará pelo filtro de barro e posteriormente será armazenada na residência, sendo a desinfecção realizada da mesma maneira. O projeto atual é mostrado na figura 5.



Figura 5 – Vista 3D de um SAAC projetado pelo grupo GPAC Amazônia

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através das informações e dados apresentados, conclui-se que a comunidade rural possui necessidade do acesso a um sistema de abastecimento de água, sendo a captação de água pluvial possivelmente a melhor alternativa devido às peculiaridades da região rural da cidade de Belém, como a distâncias entre as

casas e baixo povoamento da região, presença de área inundadas, além da carga poluidora despejadas nos rios que circundam as ilhas. Notou-se por meio dos questionários socioeconômicos, a falta de acesso pelos moradores à água em condições adequadas ao consumo humano e que as palestras de educação sanitária e ambiental realizadas incentivaram o interesse em conhecer um sistema de captação de água de chuva e vontade de possuir um. Observou-se também que as áreas dos telhados que serão a área de captação de água pluvial possuem em média apenas 33,4 m² e um relevante número de habitantes por casa, no entanto, em contra partida a região apresenta altos índices pluviométricos o que pode indicar um potencial de captação de água de chuva que atenda, provavelmente, no mínimo a demanda de água potável dos moradores, como é intenção dos projetos. Em relação aos SAACs está prevista a instalação de 200 sistemas na área analisada com a tecnologia desenvolvida pelo Grupo GPAC Amazônia e frisa-se a importância das comunidades estarem tendo acesso regularmente a palestras e oficinas referentes à educação sanitária e ambiental para que o conhecimento dos moradores quanto à importância da água, doenças e veiculação hídrica e a correta utilização e manutenção dos SAACs seja aprofundada e atinja a totalidade dos moradores.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, C.C.G. **Aproveitamento de água da chuva para abastecimento em área rural da Amazônia. Estudo de caso: ilha grande e murutucu, Belém-Pará.** Trabalho de conclusão de curso. Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal do Pará, Belém. 2012.

BELÉM. **Plano municipal de saneamento de Belém** – Abastecimento de água e esgotamento sanitário. Belém: Prefeitura de Belém, 2014. 308p.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010.** Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=150140&search=parabelem>. Acessado em: Maio de 2015.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Série Histórica da cidade de Belém/PA.** Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/>. Acessado em: Março de 2015.

SANTOS, A.C.B. **Proposta de reestruturação do sistema de abastecimento com água de chuva nas ilhas Grande e Murutucu – Belém/PA.** Trabalho de conclusão de curso. Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal do Pará, Belém. 2013.

VELOSO, N; MENDES, R. **Aproveitamento da Água da Chuva na Amazônia: Experiências nas Ilhas de Belém/PA.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos. v.19, n.1 , p. 229-242, 2013.

ANÁLISE DE CENÁRIOS COM REDUÇÃO DA DEMANDA DA ORIZICULTURA NA BACIA DO RIO SANTA MARIA COM APLICAÇÃO DO MODELO CRUZ

Christhian Santana Cunha

Universidade Federal do Rio Grande do Sul –
UFGRS – Instituto de Pesquisas Hidráulicas -
IPH/PPGRHSA
Porto Alegre – RS

Rafael Cabral Cruz

Universidade Federal do Pampa – UNIPAMPA
– Laboratório Interdisciplinar de Pesquisas em
Ciências Ambientais
São Gabriel - RS

Tatiani Coletto

Universidade Federal de Santa Maria – UFSM
Santa Maria - RS

Vinicius Ferreira Dulac

Universidade Federal do Rio Grande do Sul –
UFGRS – Instituto de Pesquisas Hidráulicas -
IPH/PPGRHSA
Porto Alegre – RS

RESUMO: Este trabalho aborda os processos relacionados a gestão dos recursos hídricos, propondo a cenarização da redução gradual da demanda de água destinada à irrigação da lavoura de arroz na Bacia Hidrográfica do rio Santa Maria (BHRSM) baseados em um cenário atual (Cenário 0) simulados com o auxílio do Modelo Cruz. A escala de redução da demanda de água proposta é de 1%, (Cenário 1) 5% (Cenário 2), 10% (Cenário 3) e 15% (Cenário 4). Os resultados obtidos permitiram observar

o aumento do atendimento das demandas hídricas por Seção Hidrológica de Referência (SHR's) em muitos dos casos resultando no aumento do atendimento global. As simulações realizadas contemplam os meses de novembro, dezembro (2013), janeiro e fevereiro (2014).

PALAVRAS-CHAVE: Gestão de recursos hídricos, Gestão da demanda, Irrigação

ABSTRACT: This work deals with processes related to water resources management, proposing a scenario building gradually reducing the demand for water intended for irrigation rice in the River Basin Santa Maria (BHRSM) with base Current Scenario (Scenario 0) simulated with Assist Model Cruz. The scale of demand reduction proposed water and 1 % (Scenario 1) 5 % (scenario 2), 10% (scenario 3) and 15% (Scenario 4). The results obtained allowed to observe the increase in the section meeting water demands in hydrological reference (SHR), in many cases resulting in increased overall care. The Simulations performed include the months of November, December (2013), January and February (2014).

KEYWORDS: Water resources management , Demand Management , Irrigation.

1 | INTRODUÇÃO

Imagine um rio e ao longo deste corpo hídrico diversos usos e demandas. Agora, imagine que num trecho qualquer deste rio a vazão de água solicitada para irrigação de lavouras de arroz (demanda) é maior que a disponível (oferta e ou disponibilidade hídrica). Então, pense no que a falta de água ocasionada por uma demanda maior que a oferta ocasionará ao longo deste trecho, e após isso propague esta problemática e a distribua por toda uma bacia hidrográfica.

A Bacia Hidrográfica do rio Santa Maria (BHRSM), tem como principal atividade econômica o cultivo do arroz irrigado e a pecuária de corte (FORGIARINI, 2006). A orizicultura é praticada entre os meses de outubro a março, sendo que seu período de irrigação ocorre nos meses de novembro a fevereiro.

A BHRSM já foi objeto de estudos sobre disponibilidade e de demanda hídrica, estudos sobre o aumento da oferta de água por meio de ações estruturais e outros estudos relacionados com a gestão de recursos hídricos (UFMS/SEMA, 2004 e CRUZ et al., 2010). Contudo, se percebe uma lacuna em trabalhos que abordem a gestão da demanda de água para irrigação e que simulem a construção de cenários que tenham como objetivo a redução da demanda de água utilizada para irrigação do arroz.

Desta forma, o trabalho proposto visa analisar a influência da redução de demanda da irrigação orizícola no balanço hídrico global e no processo de gestão de recursos hídricos da BHRSM, a partir da construção de cenários de redução de demandas.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área Estudo

A Bacia Hidrográfica do Rio Santa Maria está localizada no Estado do Rio Grande do Sul, na região da campanha (Figura 1). A BHRSM é composta por sete municípios: Cacequi, Dom Pedrito, Lavras do Sul, Santana do Livramento, Rosário do Sul, São Gabriel e uma área muito pequena de Bagé (historicamente desconsiderada nos estudos da bacia). Na figura 1 também é possível observar

a divisão das 21 Seções Hidrológicas de Referência (SHR's) propostas por UFMS/SEMA (2004).

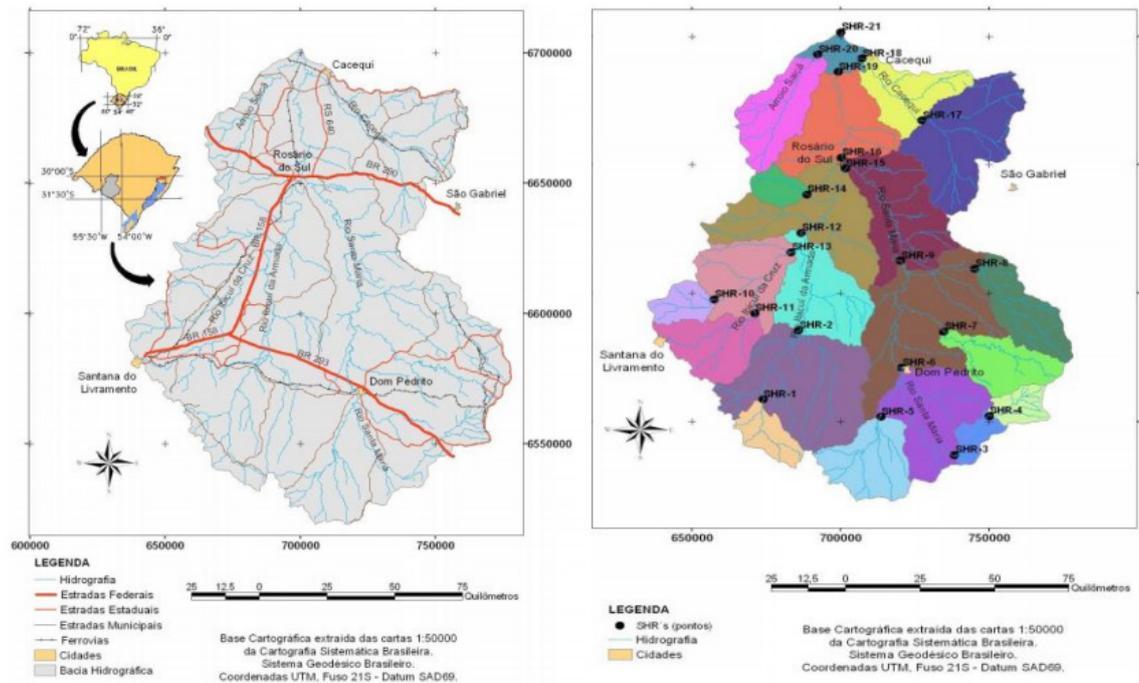


Figura 1 – Bacia Hidrográfica do rio Santa Maria e divisão por SHRs.

A bacia apresenta como atividade econômica preponderante a lavoura orizícola. O setor agrícola é o maior usuário de água, seguido do setor de abastecimento humano, da pecuária e do setor industrial (UFSM/SEMA, 2004).

Nos períodos de irrigação, a bacia apresenta escassez hídrica, gerando sérios conflitos de uso, principalmente entre os setores da agricultura e do abastecimento humano. Estes conflitos também se relacionam com o histórico de estiagens severas, referente ao déficit hídrico em anos secos (CRUZ e SILVEIRA, 2007). Cabe destacar a existência de acordos locais deliberados pelo Comitê que definem regras de captação para abastecimento público e irrigação, os quais foram homologados pelas Resoluções do Conselho Estadual de Recurso Hídricos nº 01/2005 e 31/2007.

2.2 Metodologia

Para que fosse possível analisar a influência da redução da demanda de água na lavoura orizícola se fez uso do Modelo Cruz como ferramenta auxiliar na simulação de balanços hídricos de alocação de água. A estruturação do Modelo Cruz teve como base os dados de demandas hídricas e parâmetros físicos e de segmentação da BHRSM obtidos em UFSM/SEMA (2004), Cruz e Silveira (2008) e Ravello (2007). As demandas hídricas da irrigação também foram estimadas para a situação atual (DRH/RS, 2014; FEPAM, 2014), para fins de análise comparativa com os resultados do Modelo Cruz.

O modelo Cruz foi aplicado após a definição dos critérios descritos abaixo:

- Redução parcial da demanda de água destinada a irrigação do arroz por SHR. Cenários de 1%, 5%, 10% e 15% de redução.
- Vazão de referência Q90 estabelecida para anos secos (UFSM/SEMA,

2004).

- Vazão ambiental aplicada como vazão de restrição, 50% da Vazão de referência de anos médios (UFSM/SEMA, 2004 e Ravanello, 2007).
- Vazão de Marco Zero (vazão de referência subtraída da vazão ambiental).

As simulações da redução de água na lavoura de arroz foram desenvolvidas com o auxílio de planilhas eletrônicas, no programa EXCEL da Microsoft, versão 2013, pela facilidade e possibilidade do uso do algoritmo de otimização SOLVER.

A função objetivo utilizada na realização deste trabalho foi a Função Relativa (equação 1), que proporciona, segundo Tucci (1998), uma distribuição mais equânime.

A estrutura adotada na elaboração das planilhas eletrônicas é apresentada no quadro 1, e é descrita a seguir, sendo que a numeração das colunas se refere à descrição.

(01)	(02)	(03)	(04)	(05)	(06)	(07)	(08)	(09)
SHR	Vazão de Referência	Vazão Ambiental	Disponibilidade de Marco Zero	Demanda a Individual	Demanda Acumulada	Racionamento Individual ou Qoutorgada	Racionamen- to Acumu- lado	Disponibilidade de Remanes- cente
SHRSM4		=C4*0,5	=C4-D4		=F4		=H4	=E4-I4
SHRSM5		=C5*0,5	=C5-D5		=F5		=H5	=E5-I5
SHRSM6		=C6*0,5	=C6-D6		=F6		=H6	=E6-I6

Quadro 1 - Estrutura do Modelo Cruz

Fonte: Cruz (2001), UFSM/SEMA (2004) e Ravanello(2007).

$$F1 = \sum_{i=1}^n \left(\frac{Q_{demanda(i)} - Q_{outorga(i)}}{Q_{demanda(i)}} \right)^2 \quad (1)$$

A primeira coluna da planilha destina-se as SHRs distribuídas conforme critérios físicos, de declividade, geomorfologia e rede de drenagem. A segunda e terceira coluna contém a vazão de referência, neste caso a Q90 calculada para anos secos que exigem em muitos casos racionamento, e a vazão ambiental que representa 50% da vazão de referência Q90 de anos médios ou normais, respectivamente.

O cálculo da vazão de marco zero é realizado na quarta coluna, na quinta são expostos os valores de demandas individuais. Na sexta coluna somam-se as demandas da seção com as de montante. A sétima coluna contém o racionamento individual (caso exista a necessidade de racionamento) ou a vazão outorgada (caso haja a viabilidade ou possibilidade de outorga).

Para que seja possível realizar a outorga é necessário que a vazão possua o sinal positivo caso contrário, é necessário pensar em racionamento por SHRs. A vazão outorgada ou a vazão de racionamento individual são as variáveis otimizadas pelo SOLVER, com o intuito de gerar o menor somatório para função objetivo. A penúltima coluna apresenta o racionamento ou a outorga acumulada. Na nona coluna, expõe-se

o resultado da disponibilidade remanescente no rio.

2.2.1. Construções de Cenários

Neste trabalho são propostos inicialmente 5 cenários para simulação da concessão de outorga ou racionamento e de redução da água direcionada a demanda de irrigação. O Cenário 0 e os 4 Cenários possuem como conceito metodológico a redução gradual na demanda de água destinada para a irrigação da lavoura de arroz na BHRSM.

Estes cenários com reduções graduais são resultado da implementação da sistematização da lavoura de arroz, plantio direto, cultivares de arroz com o ciclo curto ou precoce e demais práticas que sejam aplicadas na bacia.

Esta redução parte também, do princípio que as técnicas e manejos agrícolas já estudados e que apresentam resultados referentes à redução do consumo de água na lavoura de arroz, conforme Cunha et al. (2011), Menezes et al. (2001), Marcolin (2007) indicaram em seus trabalhos estão sendo utilizadas. Cabe salientar que atualmente, conforme UFSM/SEMA (2004), o consumo de água na lavoura de arroz varia de 10.500 m³/ha a 8.500 m³/ha.

Desta forma, descrevem-se os cenários utilizados neste estudo. O **Cenário 0** refere-se a um cenário base, obtido a partir de trabalhos anteriores que identificam a situação atual da bacia hidrográfica no que diz respeito a demanda e oferta de água.

Para construção deste cenário, **Cenário 0**, se fez uso dos trabalhos desenvolvidos por Cruz (2001), UFSM/SEMA (2004) e Ravello (2007). Os valores referentes a vazão Q90, a demanda individual e vazão ambiental utilizados para realização dos cálculos simulados no Modelo Cruz (RAVANELLO, 2007) foram obtidos a partir destes referenciais metodológicos.

Optou-se em não realizar novos cálculos de disponibilidade hídrica e nem a estimativa da demanda, pois não são objetos de estudo deste trabalho. A simulação da redução da demanda de água para irrigação da lavoura orizícola foi realizada com valores apresentados em trabalhos anteriores. Estes valores permitiram avaliar se a redução da demanda hídrica por SHR influenciam no balanço hídrico da bacia.

O **Cenário 1** apresenta, como proposta metodológica, a redução de 1% na demanda de água por SHR. Após a realização da redução de água na demanda da SHR, se tem a quantidade referente a 1% de água disponível, sendo que este valor é considerado neste trabalho como vazão de retorno (Qretorno). Soma-se então a Qretorno com a vazão de referência da respectiva SHR a qual foi retirada. Por exemplo, se o valor da Q90 é de 10 m³/s e a demanda da SHR é de 5m³/s ao realizar a redução de 1% da demanda se obtém uma vazão de retorno de 0,05 m³/s. Logo a Q90 passará a 10,05 m³/s.

Este processo se aplica aos demais Cenários de redução que neste trabalho variam de 1%, 5%, 10% e 15%. Os **Cenário 2, 3 e 4** possuem seus processos

metodológicos de construção semelhantes ao **Cenário 1**. Porém, o **Cenário 2** conta com a redução de 5% na demanda de água para irrigação. O **Cenário 3** apresenta 10% de redução da água destinada a irrigação por SHR, e o **Cenário 4** apresenta como proposta a redução de 15% na demanda de água na lavoura orizícola.

3 | RESULTADOS

3.1 Análise geral dos resultados

As simulações de diferentes balanços hídricos com diferentes demandas de água e vazões de retorno permitiram observar que existe um aumento nas vazões outorgadas em algumas SHRs, em caráter individual quando comparada ao Cenário 0, e aumento do percentual de atendimento global para todos os cenários em comparação ao Cenário 0.

Estima-se que o déficit hídrico observado para o mês de janeiro é resultado de uma baixa disponibilidade hídrica existente nos rios da bacia e uma demanda de água maior para este período.

Esta informação somada à vazão de referência (Q90) utilizada para realização dos balanços hídricos dos cenários descritos anteriormente, são restrições existentes na bacia que conduzem ao racionamento de água em janeiro.

Atribuiu-se o aumento nas vazões possíveis de serem outorgadas ao fato de existir uma redução gradual na demanda de água por SHRs, devido à simulação da implementação de tecnologias destinadas ao manejo agrícola, a melhor distribuição da água por SHRs, proporcionando uma melhor distribuição, que é resultado da otimização realizada pelo algoritmo (SOLVER), quando se considera que a disponibilidade remanescente, após a outorga, deve ser maior que zero. Isto força o algoritmo a “pensar” em uma solução —ótima individual (SHR) e global (Bacia hidrográfica). Porém, nem sempre as duas condições são atingidas.

Durante a realização dos balanços hídricos para os meses de novembro a fevereiro, pode-se notar que, quando se atribuiu valores iniciais na coluna referente à Qoutorgado ou Qacionamento (individual), o SOLVER trabalha com uma distribuição de água diferente de quando não são inseridos valores de outorga.

O resultado da função objetivo, porém, não sofre mudanças significativas que caracterizem uma melhor distribuição. Esta avaliação deve ficar a cargo do responsável ou o gestor de recursos hídricos que realiza o balanço hídrico e deve-se levar em conta suas restrições e prioridades para a concessão da outorga.

A inserção da restrição Disponibilidade Remanescente maior que zero, resulta em uma distribuição de água mais prática e facilita ao usuário do Modelo Cruz visualizar a distribuição de água por SHR próxima do limite de atendimento

Atualmente, os volumes outorgados de água para a BRHSM variam de 10.500

m³/ha a 8.500 m³/ha (DRH/RS, 2014; FEPAM, 2014). Desta forma, quando se propõem uma redução de 15% na demanda, chega-se ao valor de 8.925 m³/ha à 7.225 m³/há, ou seja, valores acima dos mínimos encontrados em trabalhadores que estudam o consumo de água na lavoura do arroz irrigado.

Estima-se que uma redução de 15% na demanda de água na lavoura orizícola não inviabilizaria o processo produtivo, visto que são valores utilizados atualmente. Porém, são valores encontrados em escala individual e não global como é objetivo deste trabalho. Nos próximos itens são analisados os resultados obtidos para os meses em que se realizou a simulação da redução da demanda de água destinada a orizicultura.

3.1.1 Comparativo entre cenários – vazões de retorno

Após realizar a redução gradual das demandas de água destinadas à outorga para irrigação da lavoura orizícola por SHRs, as vazões que foram subtraídas retornaram para o balanço hídrico como vazões de retorno e foram somadas às vazões de referência das respectivas SHR's.

Pode-se perceber que o aumento da Vazão de Retorno (Q_{retorno}) é proporcional à redução da demanda. Ou seja, se for realizada a redução de 10% da demanda por SHR, ocorrerá o aumento de 10% na disponibilidade hídrica da SHR.

O mês de novembro apresentou como maior vazão de retorno o valor de aproximadamente 2,0 m³/s para as SHRs 2, 9 e 16. As maiores vazões de retorno para os meses de dezembro e janeiro resultaram em valores aproximados a 7,0 m³/s sendo que as SHRs 2, 9, 12 e 16 obtiveram maior retorno, pelo fato de terem maiores demandas. O mês de fevereiro teve como

vazão de retorno o valor de aproximadamente 2,0 m³/s para as SHRs 2, 11, 12, 16 e 19. A Figura 2 apresenta as vazões de retorno por SHR para o mês de novembro

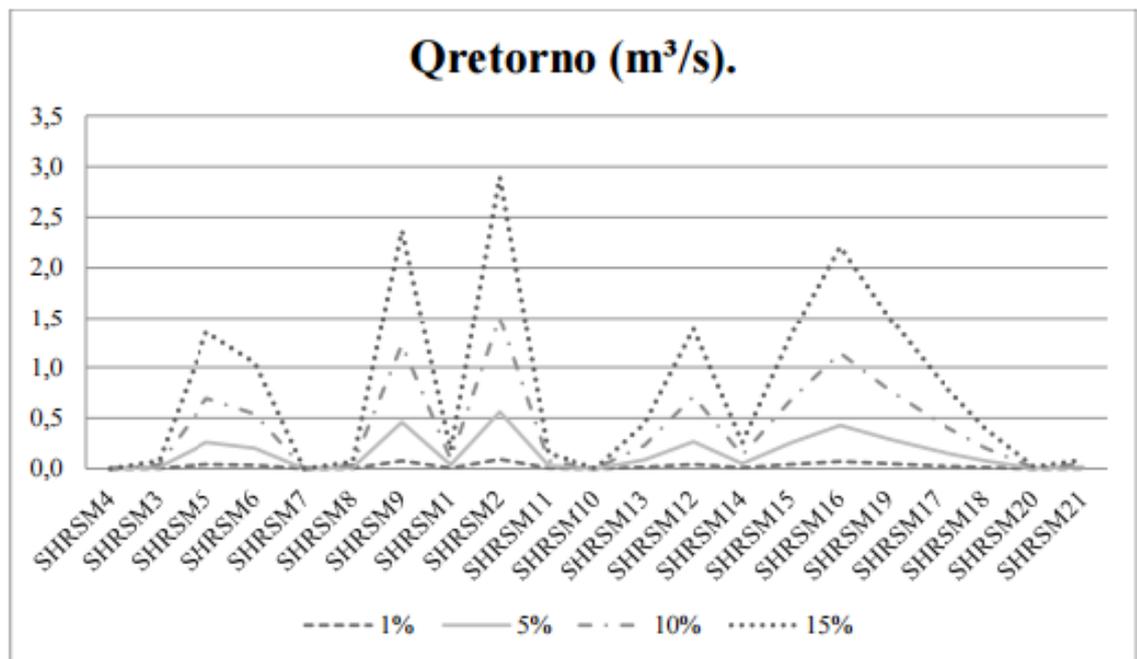


Figura 2 - Vazões de retorno para o mês de novembro (anos secos) a partir da redução gradual da demanda

3.1.2 Análise das Vazões Remanescentes, Percentual de Atendimento e Outorgas.

Durante a simulação dos balanços hídricos, para os meses de novembro a fevereiro, foram analisadas as vazões remanescentes no rio, após o atendimento parcial ou total das demandas por SHRs. Esta análise foi realizada para os todos os cenários propostos.

Com o uso da restrição Disponibilidade Remanescente maior ou igual a 0, se percebeu que existe uma distribuição dos valores outorgados muito próximo ao solicitado. Porém, para os meses de dezembro (figura 3) e fevereiro (figura 4), o Solver realizou a distribuição de água de maneira semelhante, ou seja, alocando as outorgas para determinadas SHR's, priorizando o atendimento destas e reduzindo as demais.

No entanto, ao passo que estas SHR's são priorizadas, a disponibilidade hídrica da bacia torna-se maior devido a menor demanda em determinadas seções.

Este aspecto permite ao gestor de recursos hídricos distribuir esta disponibilidade de águas remanescente de acordo com os critérios estabelecidos pelos processos de gestão que este tem referência. Cabe ressaltar que estas análises são realizadas a partir de um comparativo com o Cenário 0.

Foram elaborados mapas para que fosse possível visualizar a distribuição do atendimento considerando o percentual da vazão de outorgas concedidas (Qatendimento) e as disponibilidades remanescentes (m³/s) especializadas pela BHRSM.

Durante a elaboração destes mapas, atribui-se uma escala de cor que parte de **verde** (sinalizando atendimentos e disponibilidades remanescentes maiores que zero), **amarelo** (sinalizando atendimentos parciais e disponibilidades remanescentes

intermediárias, porém acima de zero) e **vermelho** (sinalizando o baixo atendimento ou atendimento nulo e disponibilidades remanescentes nulas ou baixas).

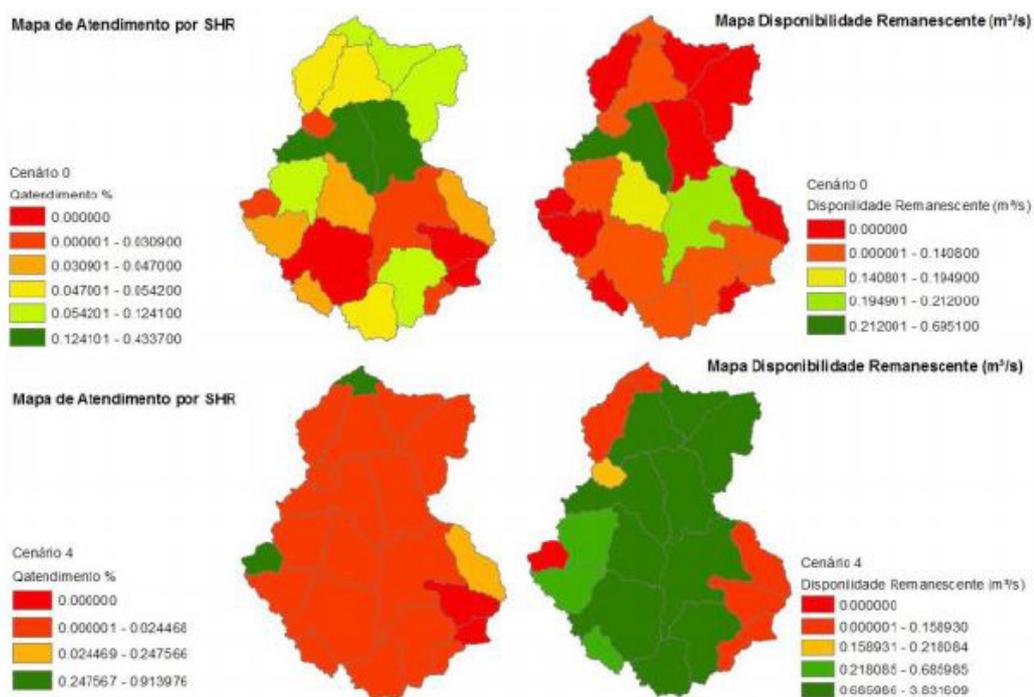


Figura 3 - Mapa de alocação de água após simulação no Modelo Cruz mês de dezembro.

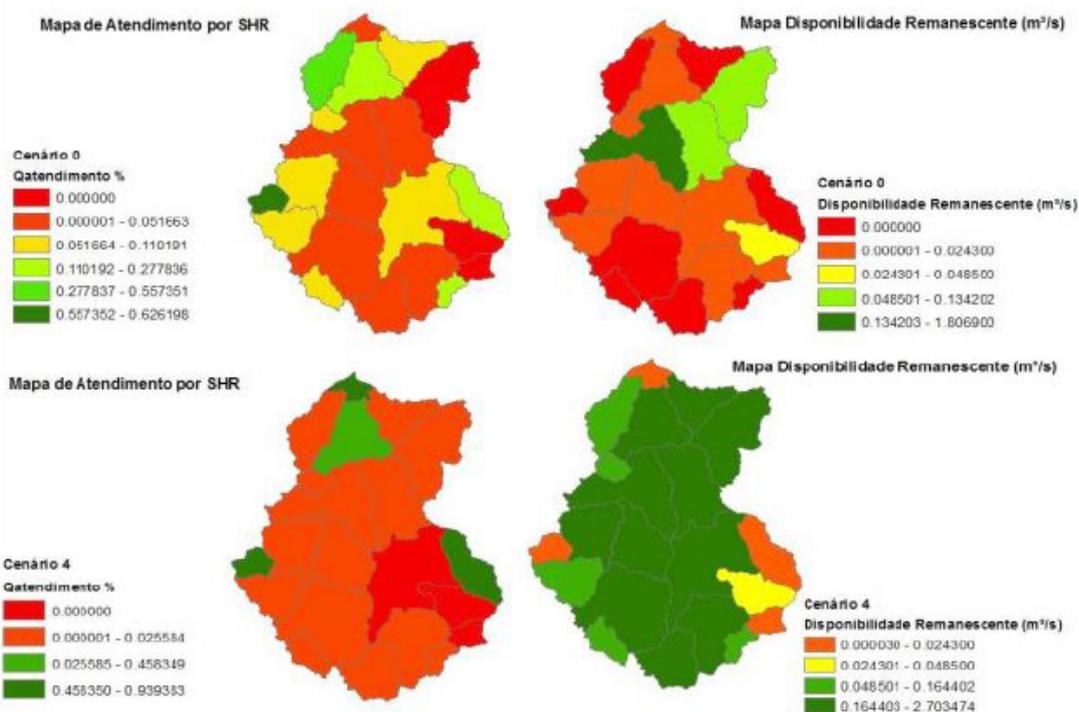
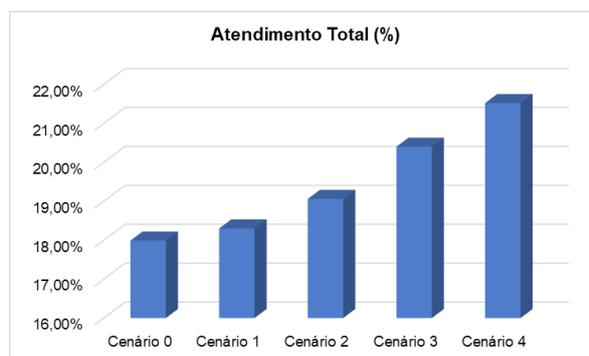


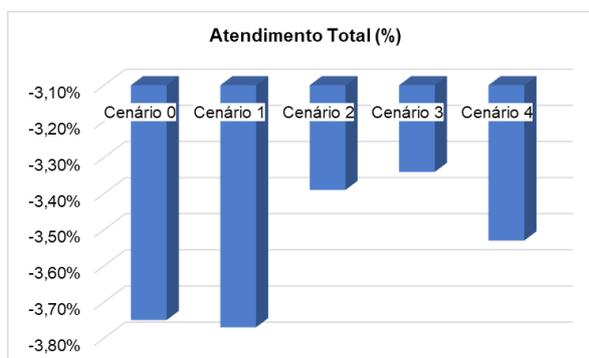
Figura 4 - Mapa de alocação de água após a simulação no Modelo Cruz mês de fevereiro

As figuras 5 e 6 apresentam o resultado de atendimento da vazão total outorgada na BHRSM para os cenários 0, 1, 2, 3 e 4 para os meses de novembro janeiro.



Função Objetivo		Atendimento total (%)
Cenário 0	15,61	17,995%
Cenário 1	16,45	18,3016%
Cenário 2	16,29	19,066%
Cenário 3	16,00	20,401%
Cenário 4	15,06	21,522%

Figura 5 – atendimento para o mês de novembro



Função Objetivo		Atendimento total (%)
Cenário 0	21,0756	-3,75%
Cenário 1	18,9467	-3,77%
Cenário 2	18,3520	-3,398%
Cenário 3	18,7970	-3,349%
Cenário 4	17,918	-3,534%

Figura 6 – Atendimento para o mês de janeiro

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos nos balanços hídricos realizados no Modelo Cruz, com o auxílio do algoritmo de otimização (SOLVER), permitiram analisar a influência da simulação da redução da demanda de água para lavoura orizícola em diferentes cenários propostos para bacia hidrográfica do rio Santa Maria.

Pode-se perceber que, com a simulação da redução gradual de 1% a 15% na demanda de água para irrigação do arroz para os meses de novembro, dezembro e fevereiro, não foram necessários racionamentos de água. No entanto, o mês de janeiro necessita de racionamento de água em algumas SHRs, mesmo que se faça uma redução de 15% na demanda da lavoura orizícola.

Sendo assim, estima-se que ações não estruturais podem auxiliar na gestão de

recursos hídricos permitindo o atendimento dos usos múltiplos e reduzindo os conflitos entre os setores de usuários de água.

Logo, a gestão sobre as demandas hídricas deve ser alvo de discussões que possam fomentar o aumento da eficiência do uso da água nos processos produtivos, permitindo a associação de produções mais limpas com menores consumos de água.

REFERÊNCIAS

CUNHA, C. S. e FORSIN, L. S. **Comparativo entre lavouras manejadas a partir das práticas preconizadas pelo “projeto 10” e lavoura manejo de convencional**. II Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, p. 4. Londrina PR, 2011.

CRUZ, J. C. e SILVEIRA, G. L. da. **Disponibilidade hídrica para outorga (ii): avaliação integrada por bacia**. REGA, v. 4, n. 2, p. 65-76, jul./dez. 2007.

CRUZ, R. C. et. al. **Tendências na análise de impactos da implementação de barragens: lições do estudo de caso das barragens de uso múltiplo da bacia do rio Santa Maria**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, v. 15, n. 1, p. 47-66, jan/mar. 2010.

DRH - DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. **Portarias de outorga da bacia hidrográfica do rio Santa Maria**, Porto Alegre 2013b. Disponível em: <http://www.sema.rs.gov.br/conteudo.asp?cod_menu=298&cod_conteudo=6609> Acesso em: 20 fev. 2014.

FORGIARINI, F. R. **Modelagem da cobrança pelo uso da água bruta para aplicação em escala real na bacia do rio Santa Maria**. 142 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental, Área de Concentração em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental)- Universidade Federal de Santa Maria, 2006.

MENEZES, V.G.; MACEDO, V. R. M.; ANGUINONI, I. **“Projeto 10”**: Estratégias de manejo para o aumento de produtividade, competitividade e sustentabilidade da lavoura de arroz irrigada no RS. Cachoeirinha: IRGA. Divisão de pesquisa/ 2004.

RAVANELLO, M. M. **Análise técnica, legal e social para subsídios à outorga de direito de uso dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do Rio Ibicuí – RS**. 130 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental, Área de Concentração em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental)- Universidade Federal de Santa Maria, 2007.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA; SECRETARIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE (SEMA/UFSM). **Desenvolvimento de ações para implantação da Outorga na bacia do Rio Santa Maria, RS**. Relatório Final UFSM/DRH/SEMA, 99, p. 2004.

IDENTIFICAÇÃO DOS ARRANJOS PRODUTIVOS LOCAIS NA PESCA E AQUICULTURA NO PARÁ APLICANDO O ÍNDICE DE CONCENTRAÇÃO NORMALIZADO

Elias Fernandes de Medeiros Junior

Docente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, Campus São Gabriel da Cachoeira, AM. Mestre em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais

RESUMO: A atividade pesqueira no estado do Pará representa um setor da economia que mais contribui para o desenvolvimento de cidades próximas a costa. O déficit na produção de pescado de origem marinha e o aumento da demanda por recursos pesqueiros tem levado muitos estados e municípios a investirem na aquicultura, porém, assim como na pesca a atividade carece de organização social, para que a produção conquiste novos mercados. O índice de concentração normalizado foi utilizado para diagnosticar nos municípios do Pará quais apresentam estruturas de arranjos produtivos especializados no setor de pesca e aquicultura.

PALAVRAS-CHAVE: economia, desenvolvimento, produção.

ABSTRACT: The activity fishing in the state of Pará represents a section of the economy that more contributes for the development of city close coast. The production deficit of fish of marine origin and the increased demand by fishery resources has taken many state and counties the invest at aquaculture, however, as

well as in fishing the activity necessitate of social organization, for what a production conquer new markets. The normalized concentration index it was used for diagnostic we counties of Pará what present structures of productive arrangements specialized in the fisheries and aquaculture sector.

KEYWORDS: economy, development, production.

1 | INTRODUÇÃO

Uma relevante questão, amplamente debatida na literatura atual em economia regional, destaca as aglomerações produtivas locais como um mecanismo fundamental para o desenvolvimento regional (CROCCO et al. 2006). As instituições de governo canalizam esforços no sentido de fomentar atividades produtivas locais que apresentem alguma sincronia com formas de organização socioeconômica, materializadas ou não por estudos técnico-científicos (DALLEMOLE et al. 2010).

A cadeia produtiva da pesca na Amazônia apresenta grande alcance social como fundamento da alimentação das populações rurais e urbanas, cujo, consumo per capita atinge patamar médio pelo menos três vezes

superior ao consumo nacional (SANTANA, 2010). A produção nacional de pescado por unidade da Federação para o ano de 2011 demonstrou que o Estado do Pará se manteve como segundo maior produtor de pescado com uma produção de 87.509,3 t, representando 15,8% da produção total em relação a pesca extrativista (MPA 2011).

Apesar dos esforços no aumento das pescarias os estoques pesqueiros encontram-se sobre-explotados. Isaac (2006) aponta que o aumento do esforço e dos incrementos tecnológicos introduzidos na Amazônia nas últimas três décadas exerceu uma reconhecida influência na diminuição da abundância dos estoques pesqueiros principalmente em decorrência da oferta de generosos subsídios do governo que viabilizaram a obtenção de crédito para a compra de equipamentos de pesca e pelo aumento do número de barcos em atividade.

Na tentativa de reverter a situação de importação de pescado o governo brasileiro tem intensificado esforços para aumentar a produção de pescado por meio da aquicultura, alguns programas de incentivo ao crédito embasados no Plano Safra da Pesca e Aquicultura preveem a criação de alguns parques aquícolas em áreas de reservatório de hidrelétricas que serão referência na produção de pescado, e que tem por objetivo suprimir a forte demanda por recursos pesqueiros. Se por um lado o governo incentiva a produção por meio de créditos ao setor, se esquece que o mesmo carece de infraestruturas adequadas a produção e a comercialização inviabilizando por vezes a formação de arranjos produtivos locais.

Santana (2010), demonstra que os processos produtivos das empresas de pesca na Amazônia não são estáveis, não há uma organização empresarial (venda, compras, produção, etc.) reconhecida em si e pelas instituições vinculadas, portanto, esta cadeia enfrenta problemas de governança de diversas ordens como as restrições do mercado internacional pela imposição de barreiras não tarifárias para o camarão e os demais produtos da pesca de “arrasto”.

Inserido no contexto de desenvolvimento local a partir da formação de aglomerações produtivas este estudo tem objetivo identificar estrutura de arranjos produtivos locais no Pará nos segmentos da pesca e aquicultura.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

O Índice de Concentração Normalizado (ICN) que consiste em um indicador de concentração espacial das atividades produtivas foi utilizado para a identificação dos municípios de maior produção pesqueira e aquícola do Pará, foram investigados os cento e quarenta e cinco municípios. Os dados foram coletados a partir de uma matriz do Registro Anual de Informação Social (RAIS), produzidos pela Secretaria de Emprego e Salário do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), referentes ao ano de 2012.

O ICN da pesca e aquicultura foi estruturado a partir de três indicadores: o quociente locacional (QL), que serve para determinar se um município em particular

possui especialização em dada atividade ou setor específico; o índice de concentração de Hirschman- Herfindahl (IHH), utilizado para captar o real significado da atividade ou setor na estrutura produtiva local; e o índice de participação relativa, utilizado para captar a importância da atividade ou setor i do município j em relação ao total de emprego na referida atividade para o Pará, isto é, a participação relativa da atividade ou setor no emprego total da respectiva atividade ou setor no Pará.

O ICN resultante dos indicadores (QL), (IHH) e (IPR), expressa a concentração empresarial ligada a uma atividade ou setor econômico em um município, e é expresso a partir da seguinte fórmula:

$$ICN_{ij} = \theta_1 QL_{ij} + \theta_2 IHH_{ij} + \theta_3 PR_{ij}$$

Em que θ são os pesos de cada um dos indicadores para cada atividade de pesca e aquicultura em análise, que são calculados pelo método da análise de componentes principais.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

O ICN (Quadro 1), mostrou que os municípios de Bonito, Bragança, Igarapé-Açu e Vigia apresentam estruturas de Arranjos produtivos locais para a pesca (APL) e Almeirim, Goianésia, Castanhal, Belterra, Santo Antônio do Tauá, Igarapé-Açu, São Francisco do Pará, e Curuçá para a aquicultura. Com relação a preservação do pescado e fabricação de produtos do pescado, os municípios mais especializados foram em ordem crescente de importância Óbidos, Bragança, Salvaterra, São João de Pirabas e Vigia. Já para a atividade de Fabricação de artefatos para a pesca e esporte somente um município apresentou uma aglomeração positiva que foi Ananindeua na região metropolitana de Belém.

Quadro 1- Índice de Concentração-ICN-2012

Município	Pesca	Aquicultura	Processo do pescado	Fabricação de Artefatos
Bonito	22	-	-	-
Bragança	9	-	7.3	-
Igarapé-Açu	1	-	-	-
Vigia	47	-	40.3	-
Almeirim	-	2	-	-
Belterra	-	12.2	-	-
Castanhal	-	3	-	-
Curuçá	-	78	-	-
Goianésia do Pará	-	2	-	-
Igarapé-Açu	-	9	-	-
Santo Antônio do Tauá	-	9	-	-
São Francisco do Pará	-	7	-	-
Óbidos	-	-	6.7	-
Salvaterra	-	-	13.7	-
São João de Pirabas	-	-	30.0	-
Ananindeua	-	-	-	7.7

Quadro 1- Índice de Concentração –ICN-2012.

No geral os municípios que apresentaram maior grau de especialização na cadeia de produção do pescado encontram-se na mesorregião do nordeste paraense nas proximidades com o litoral e maior acesso a infraestrutura de transporte, o que facilita o processo de escoamento da produção, possibilitando a conquista de novos mercados.

Santana (2004), afirmar que as atividades de pesca e aquicultura desenvolvida na Amazônia são aglomerações econômicas ou arranjos produtivos de subsistência, isso significa dizer que as APL da pesca e aquicultura produzem bens de consumo de baixa qualidade, sazonais, e voltados predominantemente para os mercados local e nacional; operam com baixa diferenciação e agregação de valor aos produtos, insuficiente conhecimento e informação de mercado; utilizam técnicas tradicionais e semi-sustentáveis de produção, com baixa capacidade para inovação tecnológica e gerencial e forte comportamento oportunista.

Os dados do ICN foram submetidos a uma análise de conglomerados (Figura 1), para verificar similitudes entre as estruturas de APL na cadeia de comercialização do pescado. Bragança e Salvaterra apresentaram similitude e proximidade com os municípios de Igarapé-Açu, Ananindeua, Almeirim, Goianésia, Castanhal, Óbidos, Santo Antônio do Tauá e São Francisco do Pará. Igarapé-Açu e Ananindeua apresentaram similitude com Óbidos, assim como, Goianésia e Castanhal. Santo Antônio do Tauá e São Francisco do Pará apresentam similitude e proximidade com Belterra. Já os municípios de Bonito, São João de Pirabas, Curuçá e Vigia estão separados do demais. Valores de ICN fora da média foram encontrados para alguns municípios do Pará o que permitiu inferir que apesar de serem APL de subsistência os dados fornecidos ao RAIS são oriundos de trabalhos formais, ou seja, os municípios apresentam certa especialização na produção de seus produtos.

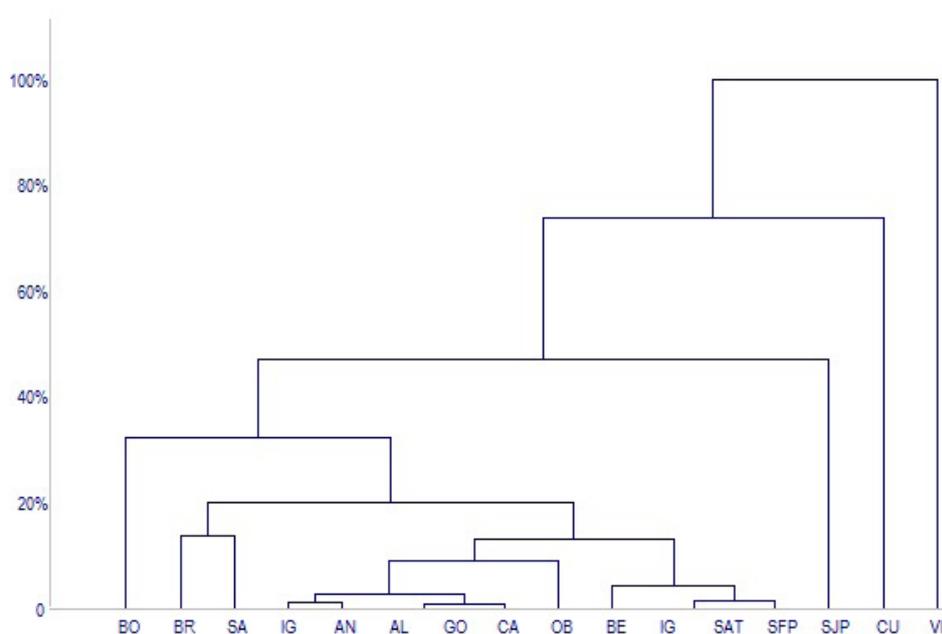


Figura 1. Análise de conglomerados das atividades de pesca, aquicultura. Processamento do pescado e fabricação de artefatos para a pesca e esporte nos municípios do Pará.

Santana (2004) alega que a pesca aparece como o APL de menor participação nos empregos formais da região Amazônica, ocupando mão-de-obra familiar ou trabalho remunerado mais sem a legalização trabalhista. Talvez tenha sido esse o motivo que levou o município de Vigia e Bonito terem apresentado maior ICN do que Bragança e Igarapé-Açu em relação a pesca, enquanto, Curuçá e Belterra para a aquicultura, Vigia e São João de Pirabas na preservação e fabricação de produtos do pescado e Ananindeua quanto a fabricação de artefatos para a pesca e esporte.

Lopes et al.(2011), encontrou divergências entre as microrregiões com ICN significativos para crédito com aquelas especializadas, conforme as variáveis emprego e estabelecimento, o que pressupõe a necessidade de ajustes técnicos na aplicação do crédito de fomento ao setor, indicando que o direcionamento de recursos para regiões pouco dinâmicas na pesca e piscicultura, como vem acontecendo pouco contribui para a integração e fortalecimento da cadeia produtiva pesqueira regional, tornando seus impactos restritos, em grandes parte, ao mercado local.

Pacheco et al. (2009), avaliando os arranjos produtivos na piscicultura do Baixo São Francisco, chegou a conclusão que mesmo dispondo de infraestrutura adequada e do envolvimento de diversas instituições, sobretudo no processo de capacitação e organização social dos produtores, a dinâmica organizacional e produtiva do arranjo é bastante elementar, visto que as políticas direcionadas á atividade foram de caráter setorial e sem um efetivo processo de planejamento e coordenação das ações.

O que corrobora com os resultados encontrados, haja vista, que as atividades de produção e comercialização do pescado no Pará não dispõem de uma infraestrutura organizada tanto para a pesca quanto na aquicultura, no geral os pescadores e aquicultores tem um baixo nível de instrução. Segundo Arnaud (2012), 65% dos piscicultores do Pará apresentam o ensino fundamental completo ou incompleto e as políticas de assistência técnica são bastante precárias.

Tiago et al. (2010), afirma que no que diz respeito á gestão responsável dos recursos naturais disponíveis á aquicultura, é necessário pensar e construir uma governança da aquicultura que produza interferências positivas nos arranjos produtivos locais e globais das organizações e instituições, que possibilitem e direcionem resultados favoráveis á gestão compartilhada e responsável deste tipo de bem público, essencial ao alcance do bem estar comum.

Barros et al.(2012), estudando os arranjos organizacionais da piscicultura no sistema agroindustrial da baixada Cuiabana chegou a conclusão coexistem diversos arranjos organizacionais. Parte significativa deste sistema está fundamentada em transações no mercado *spot* entre piscicultores e frigoríficos e pela integração vertical da produção, que opera ás margens do aparato legal. A diversidade de arranjos organizacionais existentes, bem como a sua característica, é consequência da baixa coordenação do setor e da falta de políticas públicas e privadas em direção ao desenvolvimento de parcerias legais entre os agentes e de estímulo á especialização

de atividade.

4 | CONCLUSÃO

Foram identificadas estrutura de arranjos produtivos locais de subsistência na pesca e aquicultura em alguns municípios do Pará, principalmente naqueles localizados na mesorregião do nordeste paraense. Esses arranjos merecem uma atenção especial por parte do governo, haja vista, que são responsáveis pelo abastecimento de alimentos em boa parte do Estado e contribuem para o desenvolvimento dessas cidades.

REFERÊNCIAS

- ARNAUD, J. DA. S. **Situação da Piscicultura Continental nas Regiões do Guamá e Rio Capim, Pará, Amazônia Brasileira**. 95 f. 2012. Dissertação (Mestrado em Aquicultura e Recursos Aquáticos Tropicais)- Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2012.
- BARROS, A. F. DE; BÁNKUTI, F. I; MARTINS, M. I. E. G. **Arranjos Organizacionais da Piscicultura na Baixada Cuiabana, Estado de Mato Grosso**. Informações Econômicas, SP, v. 42, n.6, nov./ dez. 2012.
- BRASIL. **Ministério da Pesca e Aquicultura**. Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura 2011.
- CROCCO, M. A; GALINARI, R; SANTOS, F; LEMOS, M. B; SIMÕES, R. **Metodologia de identificação de aglomerações produtivas locais**. Nova Economia, Belo Horizonte 16(2)- 211-241 maio-agosto de 2006.
- DALLEMOLE, D; FARIA, A. M. DE. M; JUNIOR, W. C. DE. A; GOMES, V. M. **O Arranjo Produtivo Local da Apicultura de Mato Grosso: Evolução Recente e Necessidade de Ajustes**. Revista de Estudos Sociais-ano 12, n. 24, v.2, 2010.
- ISSAC-NAHUM, Victoria Judith. **Exploração e manejo dos recursos pesqueiros do litoral amazônico: um desafio para o futuro**. Cienc. Cult. [online]. 2006, vol. 58, n.3, pp.33-36. ISSN 2317-6660.
- LOPES, M. L. B; SANTANA, A. C DE; SANTOS, M. A. S; REBELLO, F. K. **Mercado e Dinâmica Espacial da Cadeia Produtiva da Pesca e Aquicultura na Amazônia**. Disponível em: http://www.proped.ufra.edu.br/attachments/085_MERCADO%20E%20DIN%20MICA%20ESPACIAL%20DA%20CADEIA%20PRODUTIVA%20DA%20PESCA%20E%20AQUICULTURA.pdf. Acesso: 30 de Abril 2014.
- PACHECO, M. I. N; LIRA, F. J. DE. **A piscicultura no Baixo São Francisco: Possibilidades e limites. Economia política do desenvolvimento**, Maceió, vol. 1, n.5, p. 67-95, maio/ago. 2009.
- SANTANA, A. C. DE. **Arranjos produtivos locais na Amazônia: metodologia para identificação e mapeamento**. Belém: ADA, 2004. 108p.il.
- SANTANA, A. C. DE. **Cadeia Produtiva com Potencial de Desenvolvimento na Amazônia**. Folha Socioambiental, Ano 1, nº 1 setembro/outubro 2010.
- TIAGO, G. G; CIPOLLI, M. N, 2010. **Análise Interdisciplinar da Governança Ambiental da Aquicultura na Região Metropolitana de São Paulo**. Bol. Inst. Pesca, São Paulo, 36 (2): 123-133, 2010.

ÍNDICE RELATIVO DE CLOROFILA DO MILHETO IRRIGADO COM ÁGUA CINZA TRATADA

Mychelle Karla Teixeira de Oliveira

Pesquisadora, D. Sc. em Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró – RN, E-mail: mymykar@gmail.com

Rafael Oliveira Batista

Professor Adjunto da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), graduação, mestrado e doutorado em Engenharia Agrícola pela UFV, rafaelbatista@ufersa.edu.br

Francisco de Assis de Oliveira

Professor Adjunto da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). Centro de Ciências Agrárias. Mossoró, RN. E-mail: thikaoamigao@ufersa.edu.br

Allana Rayra Holanda Sotero

Mestrado em Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró – RN; E-mail: lalana.rayra@gmail.com

Wellyda Keorle Barros de Lavôr

Graduanda em Engenharia Agrícola e Ambiental, Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró – RN, E-mail: wellydalavor@hotmail.com

Ricardo André Rodrigues Filho

Graduando em Engenharia Agrícola e Ambiental, Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró – RN, E-mail: ricardoarf100@yahoo.com.br

cinza ao analisar o índice relativo de clorofila do milheto (*Pennisetum glaucum*). O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas da Universidade Federal Rural do Semiárido - UFERSA, Mossoró, RN, Brasil. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com 6 repetições e 5 tratamentos, totalizando 30 parcelas. O experimento foi conduzido em vasos com capacidade para 25 L, contendo quatro plantas por vaso. Os tratamentos foram constituídos por água de abastecimento (AA), água cinza tratada (ACT), sendo assim distribuídos: T1: 100% AA e 0% de ACT; T2: 75% AA e 25% de ACT; T3: 50% AA e 50% de ACT; T4: 25% AA e 75% de ACT, e T5: 0% AA e 100% de ACT. Após as leituras do índice relativo de clorofila (IRC) com uso do clorofilômetro as plantas foram coletadas, e em seguida avaliou-se a relação entre o IRC e o acúmulo de massa seca (MSPV - massa seca de parte vegetativa, MSPAN – massa seca de panícula, MSPA – massa seca da parte aérea). A irrigação com água de cinza tratada promoveu maior teor de clorofila no tecido foliar do milheto (*Pennisetum glaucum*). O acúmulo de massa seca do milheto apresenta elevada correlação com o índice relativo de clorofila, podendo-se utilizar este índice para estimar a produção de biomassa.

PALAVRAS-CHAVE: *Pennisetum glaucum*;

RESUMO: O presente trabalho teve por objetivo analisar a viabilidade do aproveitamento de água

forragem; água residuária.

ABSTRACT: The objective of the present work was to analyze the viability of the use of gray water when analyzing the relative index of chlorophyll of millet (*Pennisetum glaucum*). The experiment was conducted in a greenhouse at the Department of Environmental and Technological Sciences of the Federal Rural University of the Semiarid - UFERSA, Mossoró, RN, Brazil. The experimental design was in randomized blocks with 6 replicates and 5 treatments, totaling 30 plots. The experiment was conducted in 25 L pots containing four plants per pot. The treatments were composed of water supply (AA), treated gray water (ACT), and distributed as follows: T1: 100% AA and 0% ACT; T2: 75% AA and 25% ACT; T3: 50% AA and 50% ACT; T4: 25% AA and 75% ACT, and T5: 0% AA and 100% ACT. After the relative chlorophyll index readings using chlorophyllometer, the plants were collected, and then the relationship between relative chlorophyll index and dry matter accumulation (dry mass of vegetative part, dry mass of panicle, aerial shoot dry mass). The irrigation with treated ash water promoted higher chlorophyll content in the millet leaf tissue (*Pennisetum glaucum*). The accumulation of dry mass of millet presents a high correlation with the relative index of chlorophyll, and this index can be used to estimate biomass production.

KEYWORDS: *Pennisetum glaucum*; forage; wastewater.

1 | INTRODUÇÃO

O milheto (*Pennisetum glaucum*) é uma cultura de fácil instalação quando comparando-se outras culturas, requer poucos insumos, devido seu sistema radicular profundo e vigoroso, tornando-o eficiente na utilização de água e nutrientes. De acordo com Silva et al. (2015) o milheto de possuir alto potencial em áreas de baixa precipitação, sendo utilizado em condições adversas, o que demonstra ser uma boa alternativa de forrageiras para regiões semiáridas.

O aproveitamento de águas residuárias na produção de forrageira surge como estratégia de gestão sustentável da água, para evitar futuros problemas de escassez hídrica. Além de prevenir a eutrofização dos recursos hídricos, essa técnica, quando manejada corretamente, aumenta a produtividade agrícola, devido à presença de nutrientes, que permitem substituir parcialmente e/ou completamente a adubação mineral química nas culturas, proporcionando benefícios econômicos e ambientais.

Dentre as diferentes fontes de águas residuárias pode-se destacar a água cinza, que são aquelas geradas nas residências rurais e urbanas provenientes de chuveiros, lavatórios, pias de cozinha, tanques e máquinas de lavar roupas. Em sua composição encontram-se elementos provenientes do uso de sabões ou de limpeza em geral, sendo isenta da contribuição dos efluentes do vaso sanitário (FEITOSA et al., 2011)

O índice relativo de clorofila (IRC) é um bom indicador nutricional das plantas,

especialmente de nitrogênio devido a relação existente entre a concentração de N total e a concentração de clorofila nas folhas, de forma que esse atributo tem sido utilizado para se avaliar o estado nutricional das plantas com relação ao N, assim como para se determinar a necessidade de adubação nitrogenada adicional, pois apresenta apresentar elevada correlação com a produção de massa seca e o teor de proteína bruta (MARANHÃO et al., 2009; PARIZ et al., 2011).

O IRC é determinado utilizando um medidor indireto de clorofila, denominado de clorofilômetro, que mensura o teor do pigmento presente na folha (ROCHA et al., 2005). De acordo com Maranhão et al. (2009), uma das vantagens de se utilizar o medidor é viabilizar o diagnóstico prévio de uma possível deficiência de N, prevenindo estado de carência, além de ser uma técnica não-destrutiva, podendo ser realizada várias vezes sem destruir o limbo foliar.

Na literatura existem vários estudos sobre o uso de água residuária na produção de plantas forrageiras (ERTHAL et al., 2010; ANDRADE et al., 2014; HOMEM et al., 2016), no entanto, são escassos estudos sobre da água residuária provenientes de consumo doméstico (água cinza) na produção de forragem do milheto. Diante do exposto, este trabalho foi desenvolvido para analisar o índice relativo de clorofila do milheto (*Pennisetum glaucum*) irrigado com água cinza.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas, na Universidade Federal Rural do Semiárido - UFRSA, Mossoró, RN, Brasil (05 12' 03,9" LS; -37 19' 37,98" LO). O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com 6 repetições e 5 tratamentos, totalizando 30 parcelas. O experimento foi conduzido em vasos com capacidade para 25L, contendo quatro plantas por vaso. Os tratamentos foram constituídos por água de abastecimento (AA), água cinza tratada (ACT), sendo assim distribuídos: T1: 100% AA e 0% de ACT; T2: 75% AA e 25% de ACT; T3: 50% AA e 50% de ACT; T4: 25% AA e 75% de ACT, e T5: 0% AA e 100% de ACT. Utilizou-se solo classificado como Argissolo Vermelho amarelo (EMBRAPA, 2013), coletado na Fazenda experimental Rafael Fernandes, cujas as características químicas do solo são apresentadas na Tabela 1.

Prof	pH	CE	MO	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	(H+Al)	SB	t	CTC	V	PST
(cm)	(água)	dS m ⁻¹	-----mg dm ⁻³ -----				----- cmol _c dm ⁻³ -----						--- % ---		
0 - 20	6,1	0,41	3,31	1,9	26,9	4,7	1,1	0,7	0,0	1,49	1,89	1,89	3,37	56	1
20 - 40	4,8	0,03	2,07	1,7	26,9	4,7	0,4	1,0	0,15	1,98	1,49	1,64	3,47	43	1

Tabela 1. Características químicas do solo antes do experimento.

A água cinza utilizada no presente experimento foi coletada em uma estação de tratamento localizada no assentamento P. A. Monte Alegre I, sob coordenadas de 5° 30'13,06" LS e 37°27'23,27" LO, no município de Upanema-RN, microrregião médio oeste potiguar. A água cinza gerada na residência é composta pela água do chuveiro, da pia do banheiro e dos tanques de lavagem de roupas. A residência é habitada por duas pessoas, que costumam receber visitas de duas a três pessoas nos finais de semana, com geração média diária de água cinza na residência é de 80 L.

Para cada tipo de água foi utilizado um sistema de irrigação, composto por um reservatório de PVC (60L), uma eletrobomba de circulação Metalcorte/Eberle, autoventilada, modelo EBD250076, linhas laterais de 16 mm, e emissores do tipo microtubos, com vazão média de 8,5 L h⁻¹, aplicando-se diariamente o volume necessário para elevar a umidade do solo à sua máxima capacidade de retenção de água.

A semeadura do milho foi realizada no dia 12 de agosto de 2017, utilizando-se sementes adquiridas no mercado local, semeando-se em quatro covas distribuídas equidistantes em 0,15 m no centro do vaso. No momento de cada corte realizaram-se análise do índice relativo de clorofila (IRC) utilizando equipamento portátil denominado clorofilômetro (ClorofiLOG, Falker Automação Agrícola, Brasil), que utiliza fotodiodos emissores em três comprimentos de onda: dois emitem dentro da banda do vermelho, próximos aos picos de cada tipo de clorofila ($\lambda=635$ e 660nm) e um outro no infravermelho próximo ($\lambda=880\text{nm}$).

Após as leituras com o clorofilômetro as plantas foram coletadas, separadas em parte vegetativa e panícula e em seguida secas em estufa com circulação forçada de ar por 72 horas, pesando-as em seguida em balança de precisão.

As análises foram realizadas nas quatro plantas de cada vaso, utilizando o valor médio obtido como valor de referência da parcela. Os dados obtidos foram avaliados através da análise de regressão para avaliar o efeito das concentrações de água cinza sobre o IRC. Além disso, avaliou-se a relação entre o IRC e o acúmulo de massa seca (MSPV - massa seca de parte vegetativa, MSPAN – massa seca de panícula, MSPA – massa seca da parte aérea).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

O índice relativo de clorofila no tecido foliar do milho aumentou linearmente com o incremento da concentração de água cinza na irrigação, ocorrendo aumento de 0,2194 unidades de IRC por aumento unitário na concentração de água cinza, de forma que maior IRC (33,79) ocorreu quando as plantas foram irrigadas exclusivamente com água residuária (Figura 1A).

O aumento no IRC deve-se à maior disponibilidade de nutrientes, especialmente

nitrogênio, com o uso de água residuária, pois na medida em que a disponibilidade de nitrogênio no solo aumenta mais clorofila é produzida nas folhas das plantas, que respondem com o aumento da intensidade da coloração verde. Comportamento semelhante foi observado por Erthal et al. (2010) trabalhando com água residuária da bovinocultura em capim-Tifton 85 (*Cynodon* spp.) e aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb).

Na Figura 1B são apresentadas as relações entre o IRC e o acúmulo de massa seca na parte vegetativa (MSPV) nas panículas (MSPAN) e na parte aérea (MSPA), na qual verifica-se que ocorreu correlação positiva entre o IRC e a acúmulo de biomassa.

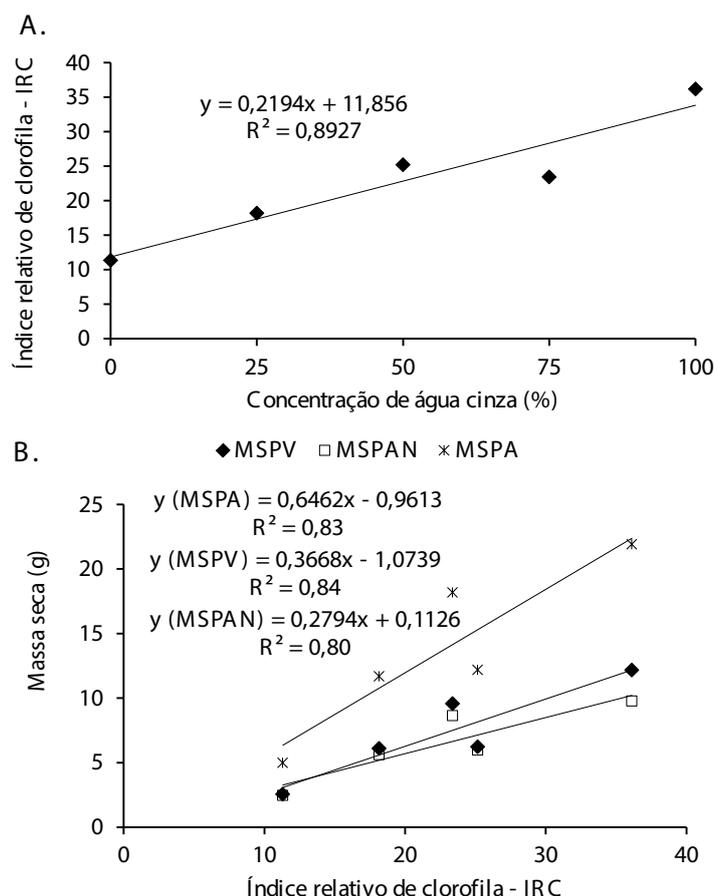


Figura 1 - Índice relativo de clorofila - IRC (A), relações entre IRC e acúmulo de massa seca do milho em função da irrigação com água cinza

Esses resultados assemelham-se, em parte, aos apresentados por Costa et al. (2012), os quais também verificaram correlação positiva entre o IRC e a produção de biomassa na cultura do milho, assim como também observado por Maranhão et al. (2009) trabalhando com duas cultivares de braquiária (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu e *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk). Esta correlação ocorre por o IRC se correlaciona diretamente com a clorofila e indiretamente com o conteúdo de nitrogênio (N) nas folhas das plantas, pois o N é integrante e participa da síntese da molécula de clorofila (MOTOMIYA et al., 2014). De acordo com Schlichting et al. (2015) o teor de clorofila está diretamente relacionado com a concentração de N nas folhas e,

consequentemente, com a nutrição das plantas e produção, que estão associados com os cloroplastos presentes nas folhas.

4 | CONCLUSÕES

A irrigação com água de cinza tratada promove maior teor de clorofila no tecido foliar do milheto (*Pennisetum glaucum*). O acúmulo de massa seca do milheto apresenta elevada correlação com o índice relativo de clorofila, podendo-se utilizar este índice para estimar a produção de biomassa.

5 | AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Brasil (150293/2017-8), e da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA).

REFERÊNCIAS

ANDRADE, A.S.; DRUMOND, L.C.D.; RABELO, D.M.L.; APPELT, M.F.; LIMA, J.C.L.; OLIVEIRA, V.M.R. **Crescimento de gramíneas forrageiras fertirrigadas com água residuária de suinocultura**. Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas, v.8, n.2, p.59-71, 2014.

COSTA, N.R.; ANDREOTTI, M.; GAMEIRO, R.A.; PARIZ, C.M.; BUZETTI, S.; LOPES, K.S.M. **Adubação nitrogenada no consórcio de milho com duas espécies de braquiária em sistema plantio direto**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.47, n.8, p.1038-1047, 2012.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília, 2013. 353f.

ERTHAL, V.J.T.; FERREIRA, P.A.; PEREIRA, O.G.; MATOS, A.T. **Características fisiológicas, nutricionais e rendimento de forrageiras fertirrigadas com água residuária de bovinocultura**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.14, n.5, p.458-466, 2010.

FEITOSA, A.P.; LOPES, H.S.S.; BATISTA, R.O.; COSTA, M.S.; MOURA, F.N. **Avaliação do desempenho de sistema para tratamento e aproveitamento de água cinza em áreas rurais do semiárido brasileiro**. Engenharia Ambiental, v.8, n.3, p.196-206, 2011.

HOMEM, B.G.C.; TAVARES, V.B.; ALMEIDA NETO, O.B.; CONDÉ, M.S.; FERREIRA, I.M.; SILVA, M.D.; LARA, M.A.S. **Using swine farming wastewater for Signal grass cultivation**. Semina: Ciências Agrárias, v.37, n.4, suplemento 1, p.2539-2548, 2016.

MARANHÃO, C.M.A.; SILVA, C.C.F.; BONOMO, P.; PIRES, A.J.V. **Produção e composição químico-bromatológica de duas cultivares de bromatológica de duas cultivares de braquiária adubadas com nitrogênio e sua relação com o índice SPAD**. Acta Scientiarum. Animal Sciences, v.31, n.2, p.117-122, 2009.

MOTOMIYA, A.V.A.; VELENTE, I.M.Q.; MOLIN, J.P.; MOTOMIYA, W.R.; BISCARO, G.A.; JORDAN,

R.A. Índice de vegetação no algodoeiro sob diferentes doses de nitrogênio e regulador de crescimento. Semina: Ciências Agrárias, v.35, n.1, p.169-178, 2014.

PARIZ, C.M.; ANDREOTTI, M.; BERGAMASCHINE, A.F.; BUZETTI, S.; COSTA, N.R.; CAVALLINI, M.C. **Produção, composição bromatológica e índice de clorofila de braquiárias após o consórcio com milho.** Archivos de zootecnia, v.60, n.232, p.1041-1052, 2011.

ROCHA, R.N.C.; GALVÃO, J.C.C.; TEIXEIRA, P.C.; MIRANDA, G.V.; AGNES, E.L.; PEREIRA, P.R.G.; LEITE, U.T. **Relação do índice SPAD, determinado pelo clorofilômetro, com teor de nitrogênio na folha e rendimento em grãos em três genótipos de milho.** Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.4, n.2, p.161-171, 2005.

SCHLICHTING, A.F.; SILVA, E.M.B.; SILVA, M.C.; PIETRO-SOUZA, W.; SILVA, T.J.A.; FARIAS, L.N. **Eficiência de medidores portáteis de clorofila na avaliação do estado nutricional de plantas de trigo.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.19, p.1148-1151, 2015.

SILVA, K.F.; MENEZES, F.M.N.; OLIVEIRA, M.F.; SILVA, N.L.; GUEDES, F.L.; PONPEU, R.C.F.F.; SOUZA, H.A. **Produção, clorofila e eficiência do uso da água em milheto cultivado em solo de área degradada.** Revista Brasileira de Geografia Física, v.8, n.4, p.573-584, 2015.

DESENVOLVIMENTO DO MILHETO CV. CEARÁ IRRIGADO COM ÁGUA CINZA TRATADA

Ricardo André Rodrigues Filho

Graduando em Engenharia Agrícola e Ambiental, Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró – RN, E-mail: ricardoarf100@yahoo.com.br

Mychelle Karla Teixeira de Oliveira

Pesquisadora, D. Sc. em Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró – RN, E-mail: mymykar@gmail.com

Rafael Oliveira Batista

Professor Adjunto da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), graduação, mestrado e doutorado em Engenharia Agrícola pela UFV, rafaelbatista@ufersa.edu.br

Francisco de Assis de Oliveira

Professor Adjunto da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). Centro de Ciências Agrárias. Mossoró, RN. E-mail: thikaoamigao@ufersa.edu.br

Allana Rayra Holanda Sotero

Mestrado em Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró – RN; E-mail: lalana.rayra@gmail.com

Wellyda Keorle Barros de Lavôr

Graduanda em Engenharia Agrícola e Ambiental, Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró – RN, E-mail: wellydalavor@hotmail.com

Ceará (*Pennisetum glaucum*) para determinar a viabilidade de irrigar com água cinza tratada. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas, na Universidade Federal Rural do Semiárido - UFERSA, Mossoró, RN, Brasil. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com 6 repetições e 6 tratamentos, totalizando 36 parcelas. O experimento foi conduzido em vasos com capacidade para 25 L, contendo quatro plantas por vaso. Os tratamentos foram constituídos por água de abastecimento (AA), água cinza tratada (ACT), sendo assim distribuídos: T1: 100% AA e esterco bovino curtido na proporção de 20% (v/v); T2: 100% AA e 0% de ACT; T3: 75% AA e 25% de ACT; T4: 50% AA e 50% de ACT; T5: 25% AA e 75% de ACT, e T6: 0% AA e 100% de ACT. Foram analisadas a altura de planta, número de perfilhos, número de folhas e massa seca total. A partir dos resultados apresentados pode-se concluir que irrigação exclusiva com água cinza tratada proporcionou maior desenvolvimento do milheto. Na produção de forragem de milheto pode utilizar apenas água cinza na irrigação, obtendo maior produção e aumentando-se a disponibilidade de água potável para outros fins.

PALAVRAS-CHAVE: *Pennisetum glaucum*, forragem, água residuária.

RESUMO: O presente trabalho teve por objetivo analisar o desenvolvimento do milheto cv.

ABSTRACT: The objective of this work was to analyze the development of millet cv. Ceará (*Pennisetum glaucum*) to determine the feasibility of irrigating with treated gray water. The experiment was conducted in a greenhouse at the Department of Environmental and Technological Sciences, Federal Rural University of the Semi-Arid - UFERSA, Mossoró, RN, Brazil. The experimental design was in randomized blocks with 6 replicates and 6 treatments, totaling 36 plots. The experiment was conducted in 25 L pots containing four plants per pot. The treatments consisted of water supply (AA), treated gray water (ACT), and were distributed as follows: T1: 100% AA and bovine manure tanned in the proportion of 20% (v / v); T2: 100% AA and 0% ACT; T3: 75% AA and 25% ACT; T4: 50% AA and 50% ACT; T5: 25% AA and 75% ACT, and T6: 0% AA and 100% ACT. The plant height, till number, number of leaves and total dry mass were analyzed. From the results presented, it can be concluded that exclusive irrigation with treated gray water provided greater development of millet. In the production of millet fodder can only use gray water in the irrigation, obtaining greater production and increasing the availability of drinking water for other purposes.

KEYWORDS: *Pennisetum glaucum*; forage; wastewater.

1 | INTRODUÇÃO

Uma das maneiras para aumentar a oferta de água disponível para a irrigação é a utilização da água de forma racional (SANTOS JÚNIOR et al., 2013), bem como o reuso de água provenientes de outras atividades (MEDEIROS et al., 2010). Uma fonte hídrica que vem ganhando destaque são as águas cinza provenientes dos efluentes de chuveiros, lavatórios, pias de cozinha, tanques e máquinas lava roupas. Em sua composição encontram substâncias provenientes do uso de sabões ou de limpeza em geral. De acordo com Rapoport (2004), as águas cinza originárias de cozinhas possuem em sua composição óleos, gorduras e partículas de comida, e são mais poluentes do que as águas negras.

De acordo com Baracuhy et al. (2015) o reuso de água secundária tratada é uma maneira de reduzir a poluição do meio ambiente como rios e solo, proporcionando disponibilidade de água para irrigação de culturas forrageiras e contribuindo para o desenvolvimento econômico na região semiárida.

São encontrado relatos sobre o uso de água residuária na produção de forragens, a exemplo de estudos desenvolvidos com água proveniente de beneficiamento de café (FIA et al., 2010), e da atividade pecuária (PICCOLO et al., 2013; SARAIVA et al., 2013). No entanto, são escassos estudos sobre da água residuária provenientes de consumo doméstico (água cinza). Diante do exposto, este trabalho teve por objetivo analisar o desenvolvimento do milheto cv. Ceará (*Pennisetum glaucum*) irrigado com água cinza tratada.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no campus oeste da Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA, Mossoró, RN, Brasil (05° 12' 03,9" LS; -37 19' 37,98" LO). A casa de vegetação utilizada apresenta cobertura de polietileno de baixa densidade transparente, com 0,10 mm de espessura, tratada contra a ação de raios ultravioleta e em formato tipo arco, com 7,0 m de largura e 21 m de comprimento. As paredes laterais e frontais são confeccionadas com telas antiafídeos e rodapé de 0,30 m em concreto armado.

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo BSw^h' (quente e seco), com precipitação pluviométrica bastante irregular, com média anual de 673,9 mm; temperatura média de 27,4 °C e umidade relativa do ar média de 68,9%. Insolação média diária de 7,83 horas e anual de 2771,27 horas de brilho solar durante um período histórico de 30 anos. Velocidade média do vento é de 3 km h⁻¹ (CARMO FILHO et al., 1991). O solo da área experimental é classificado como Argissolo Vermelho amarelo (EMBRAPA, 2013). As características químicas do solo são apresentadas na Tabela 1.

Prof	pH	CE	MO	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	(H+Al)	SB	t	CTC	V	PST
(cm)	(água)	dS m ⁻¹	-----mg dm ⁻³ -----				----- cmol _c dm ⁻³ -----						--- % ---		
0 - 20	6,1	0,41	3,31	1,9	26,9	4,7	1,1	0,7	0,0	1,49	1,89	1,89	3,37	56	1
20- 40	4,8	0,03	2,07	1,7	26,9	4,7	0,4	1,0	0,15	1,98	1,49	1,64	3,47	43	1

Tabela 1. Características químicas do solo antes do experimento.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com 6 repetições e 6 tratamentos, totalizando 36 parcelas. O experimento foi conduzido em vasos com capacidade para 25 L, contendo quatro plantas por vaso. Os tratamentos foram constituídos por água de abastecimento (AA), água cinza tratada (ACT), sendo assim distribuídos: T1: 100% AA e esterco bovino curtido na proporção de 20% (v/v); T2: 100% AA e 0% de ACT; T3: 75% AA e 25% de ACT; T4: 50% AA e 50% de ACT; T5: 25% AA e 75% de ACT, e T6: 0% AA e 100% de ACT.

O sistema de tratamento de água residuária foi construído no assentamento P. A. Monte Alegre I, sob coordenadas de 5° 30'13,06" LS e 37°27'23,27" LO, localizado no município de Upanema-RN, microrregião médio oeste potiguar. A água cinza gerada na residência é composta pela água do chuveiro, da pia do banheiro e dos tanques de lavagem de roupas. A residência é habitada por duas pessoas, que costumam receber visitas de duas a três pessoas nos finais de semana, com geração média diária de água cinza na residência é de 80 L.

Para cada tipo de água foi utilizado um sistema de irrigação, composto por um reservatório de PVC (60L), uma eletrobomba de circulação Metalcorte/Eberle, autoventilada, modelo EBD250076, linhas laterais de 16 mm, e emissores do tipo microtubos, com vazão média de 1,5 L h⁻¹. O manejo da irrigação foi realizado através da tensiometria utilizando tensiômetros de punção, instalados na profundidade de

0,20 m. As irrigações eram realizadas para repor o volume de água necessário para elevar a umidade do solo à umidade da máxima capacidade de retenção, conforme a equação (1).

$$T_{ir} = \frac{(U_{cc} - U_a) \times m_s}{1,50} \times 60 \quad (1)$$

em que:

T_{ir} – Tempo de irrigação, min;

U_{cc} – Umidade do solo na capacidade de campo, kg kg⁻¹;

U_a – Umidade atual do solo, kg kg⁻¹;

m_s – Massa de solo contida no vaso, kg;

1,50 – Vazão do sistema L h⁻¹.

A semeadura do milho foi realizada no dia 12 de agosto de 2017, utilizou-se sementes adquiridas no mercado local, semeando-se em quatro covas distribuídas equidistantes em 0,15 m no centro do vaso. Após a colheita foram avaliadas as seguintes características: a altura de planta, número de perfilhos, número de folhas e massa seca total.

Para determinação da massa seca, o material vegetal foi acondicionado em sacos de papel e posto para secagem em estufa de circulação forçada de ar para secagem a 65 °C, até atingir peso constante, em seguida novamente pesado para obtenção da massa seca total.

As análises eram realizadas nas quatro plantas de cada vaso, utilizando o valor médio obtido como valor de referência da parcela. Os dados obtidos foram avaliados através de análise de variância pelo teste F e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, com o uso do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todas as variáveis foram afetadas pelos tratamentos estudados, mas a resposta variou conforme a variável analisada. A maior altura das plantas ocorreu com o tratamento utilizando apenas água de abastecimento e esterco bovino (T1), sendo superior em 25,4% em comparação com os valores obtidos com o mesmo tipo de água, mas sem adubação orgânica (T2). Verifica-se ainda que a mistura de água cinza tratada com água de abastecimento proporcionou aumento na altura das plantas, com maiores valores ocorrendo nas maiores concentrações de água cinza (T6), obtendo-se aumentos de 18,4 e 22,6% para os tratamentos contendo 75 e 100% de água cinza (Figura 1A).

Também se verificou aumento no número de perfilhos com o incremento de água cinza à água de irrigação, de forma que as plantas irrigadas com 100% de água

residuária apresentaram maior número de perfilhos, seguidas pelas plantas submetidas aos tratamentos contendo apenas água de abastecimento e esterco bovino (Figura 1B).

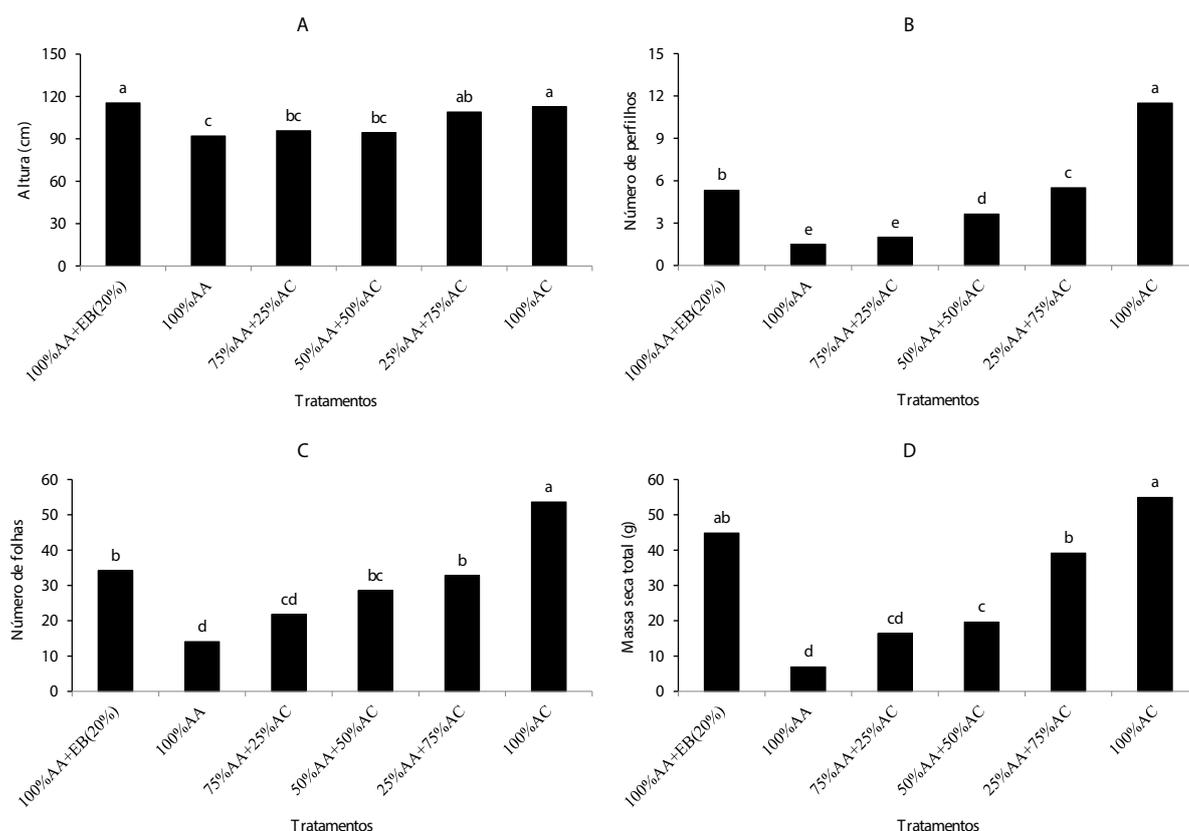


Figura 1 - Altura de plantas (A), número de perfilhos (B), número de folhas (C) e massa seca de milho submetido a irrigação com concentrações de água cinza tratada (Médias seguidas com a mesma letra não difere pelo teste Tukey ao nível de 5%)

Comportamento semelhante ao obtido para o número de perfilhos, ocorreu com relação ao número de folhas, em que as plantas submetidas aos tratamentos com água de abastecimento + esterco bovino (T1) e 100% de água cinza (T6) apresentaram maior emissão foliar (Figura 1C). Além disso, comparando-se os tratamentos T2 e T1 verifica-se que o tratamento contendo 100% de água (T2) proporcionaram valores superiores em 115,7 e 56,9%, respectivamente, para número de perfilhos e de folhas, em comparação às plantas que foram adubadas com esterco bovino (T1).

O efeito dos tratamentos estudados sobre as variáveis já descritas resultaram também sobre o acúmulo de massa seca, de forma que os maiores valores ocorreram no tratamento utilizando apenas água de abastecimento e esterco bovino (T1), bem como quando as plantas foram irrigadas apenas com água cinza tratada (T6) (Figura 1D).

Os resultados obtidos no presente trabalho evidenciam a viabilidade da utilização de água residuária na produção de forragem, estando de acordo com Sandri et al. (2007), os quais destacam que a utilização das águas residuárias tratadas na agricultura é importante não apenas por servir como fonte extra de água, mas também

de nutrientes para as culturas.

4 | CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos pode-se concluir que a irrigação exclusiva com água cinza tratada, 100%, proporcionou maior desenvolvimento do milho cv. Ceará (*Pennisetum glaucum*). Os tratamentos com 25, 50 e 75% de água cinza tratada promove maiores valores de massa seca, número de folhas e número de perfilhos.

5 | AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Brasil (150293/2017-8), e da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA).

REFERÊNCIAS

BARACUHY, V.S.; PEREIRA, J.P.G.; FERREIRA, A.C.; SILVA, V.F. SCHIEL, N. **Qualidade das águas cinza tratada com fitorremediação em unidades de produção agrícola**. Revista Verde, v.10, n.1, p.187-192, 2015.

CARMO FILHO, F.; ESPÍNOLA SOBRINHO, J.; MAIA NETO, J.M. **Dados meteorológicos de Mossoró (janeiro de 1989 a dezembro de 1990)**. Mossoró: FGD, (Coleção Mossoroense, Série C, 630). 1991, 110f.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3.ed. Brasília, 2013. 353f.

FERREIRA, D.F. **Sisvar: a computer statistical analysis system**. Ciência e Agrotecnologia, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.

FIA, R.; MATOS, A.T.; FIA, F.R.L.; MATOS, M.P.; LAMBERT, T.F.; NARCIMENTO, F.S. **Desempenho de forrageiras em sistemas alagados de tratamento de águas residuárias do processamento do café**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.14, n.8, p.842-847, 2010.

MEDEIROS, S.S.; GHEYI, H.R.; SOARES, F.A.L. **Cultivo de flores com o uso de água residuária e suplementação mineral**. Engenharia Agrícola, v.30, n.6, p.1071-1080, 2010.

PICCOLO, M.A.; COELHO, F.C.; GRAVINA, G.A.; MARCIANO, C.R.; RANGEL, O.J.P. **Produção de forragem verde hidropônica de milho, utilizando substratos orgânicos e água residuária de bovinos**. Revista Ceres, v.1, n.4, p.544-551, 2013.

RAPOPORT, B. **Águas cinzas: caracterização, avaliação financeira e tratamento para reuso domiciliar e condominial**. Rio de Janeiro, 2004. 71f.

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, p.17-29, 2007.

SARAIVA, V.M.; KONIG, A. **Produtividade do capim-elefante-roxo irrigado com efluente**

doméstico tratado no semiárido potiguar e suas utilidades. Holos, v.29, n.1, p. 28-46, 2013.

SANTOS JÚNIOR, J.A.; BARROS JÚNIOR, G.S., J.K.L.; BRITO, E.T.F.S. **Uso racional da água: Ações interdisciplinares em escola rural do semiárido brasileiro.** Ambiente e Água, v.8, n.1, p.263-271, 2013.

AVALIAÇÃO DA TAXA DE DECRÉSCIMO DE UMIDADE PARA DIFERENTES AMOSTRAS DE ÁGUA, AREIA E CAVACO DE MADEIRA

Adelino Carlos Maccarini

UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do
Paraná
Pato Branco - PR

Marcelo Risso Errera

UFPR – Universidade Federal do Paraná
Curitiba - PR

Marcelo Rodrigues Bessa

UFPR – Universidade Federal do Paraná
Curitiba – PR

RESUMO: Este artigo apresenta um estudo comparativo de evaporação e secagem de amostras de água potável, água do mar, salmoura, água insaturada com açúcar, solução saturada com açúcar, areia saturada em água e cavaco de madeira saturado em água, onde as amostras foram acondicionadas em recipientes e depositadas em um mesmo ambiente, com iguais condições atmosféricas, temperatura e umidade relativa do ar.

O objetivo foi comparar as taxas de evaporação entre cada uma e determinar entre elas, uma substância referência para acompanhar a perda de massa de água com o tempo. Assim, percebeu-se que existe uma relação peculiar de evaporação, proporcional à área que a amostra fica exposta no ambiente.

Designou-se então, as amostras de água pura

como padrão de evaporação unitário entre as substâncias e materiais estudados.

PALAVRAS-CHAVE: secagem de amostras, umidade, evaporação.

ABSTRACT: This article presents a comparative study of evaporation and drying of samples of water, sea water, brine, water with sugar unsaturated, saturated water with sugar, saturated sand on water and saturated wood chips on water. The samples were placed in containers and deposited in the same place with the same atmospheric conditions - temperature and relative humidity.

The objective was to compare the rate of evaporation between each reference and determine a substance to monitor the mass loss of water over time. Thus, it was noticed that there is a special relationship evaporation proportional to the area in which the sample is, related to the environment, exposed.

Samples of pure water as standard evaporation unit between the substances and materials studied were designated.

KEYWORDS: Drying samples, humidity, evaporation.

1 | INTRODUÇÃO

A água na natureza possui ciclos que envolvem a evaporação, condensação,

precipitação, infiltração, transpiração, percolação e deslocamento para rios, lagos e oceanos. Tais ciclos, chamados de ciclos hidrológicos, têm grande importância na manutenção da vida na Terra.

Especificamente, quanto à evaporação da água, conforme Greve *et al.* (2014), depende de diversos fatores como climáticos, temperatura, ventos, umidade relativa do ar, insolação, proximidade a montanhas, florestas, construções, entre outros. Mesmo assim, dependendo das condições em que a substância esteja condicionada, Mellado (2007) aborda que a evaporação poderá ser reduzida ou acelerada, mesclando os diversos fatores.

Citam Oliveira, Hellmeister e Tomazello (2005) que, por exemplo, a evaporação da umidade das árvores se comporta de forma variável, dependendo de sua localização e espécie. Complementam Santos, Jankowsky e Andrade (2003) que não se têm parâmetros de comportamento na secagem de uma espécie em comparação com outras espécies de árvores. Porém, a comparação entre a secagem de diferentes produtos e diferentes substâncias na natureza, é o que será realizado neste trabalho.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

Amostras de diferentes produtos e diferentes substâncias diluídas em um meio aquoso, no mínimo três para cada uma, foram acondicionadas em recipientes e deixadas dentro de um laboratório, - ambiente isolado, sem incidência solar direta e sem correntes convectivas naturais ou forçadas. As temperaturas variaram no período de estudo de 180 dias, entre 18 e 27°C e a umidade relativa do ar entre 44 a 95%, sendo que em 92% do período estudado, as temperaturas variaram entre 21 a 24°C e, 60,3% da umidade relativa do ar no mesmo período ocorreram na faixa dos 75 a 95%.

Todos os recipientes eram de formato cilíndrico. Seus diâmetros, alturas e volumes foram mensurados.

Após inserir as amostras dentro dos recipientes, foram pesados e medidos seus bocais para determinar as áreas superficiais que as amostras ficavam expostas para a secagem.

As taxas de variação de umidade das amostras foram monitoradas diariamente desde setembro de 2014 e avaliadas as respectivas secagens ao longo de um período de mais de 180 dias.

O teor de umidade foi determinado em base úmida, isto é, o teor de umidade da amostra correspondia à relação entre a massa inicial nela contida e a massa remanescente após a evaporação de água no intervalo de tempo entre cada medição, dada pela equação (1):

$$U_u(\%)=100(m_i-m_s)/m_i \quad (1)$$

Onde:

- m_i : massa inicial da biomassa em gramas;

- m_s : massa após a evaporação de água no intervalo de tempo entre cada medição, em gramas.

Os dados foram inseridos em planilhas e em gráficos para facilitar a visualização da perda de peso ao longo do tempo.

3 | RESULTADOS

Percebeu-se a partir dos resultados, que:

As amostras de água pura tiveram taxas de evaporação maiores que as amostras de outros produtos, desde os primeiros dias de avaliação, conforme a Figura 1. Em segundo plano, até o quinto dia, ficaram as amostras de água insaturada com sal e as amostras de cavacos, depois as amostras de salmoura, da água insaturada com açúcar e das amostras de solução saturada com açúcar.

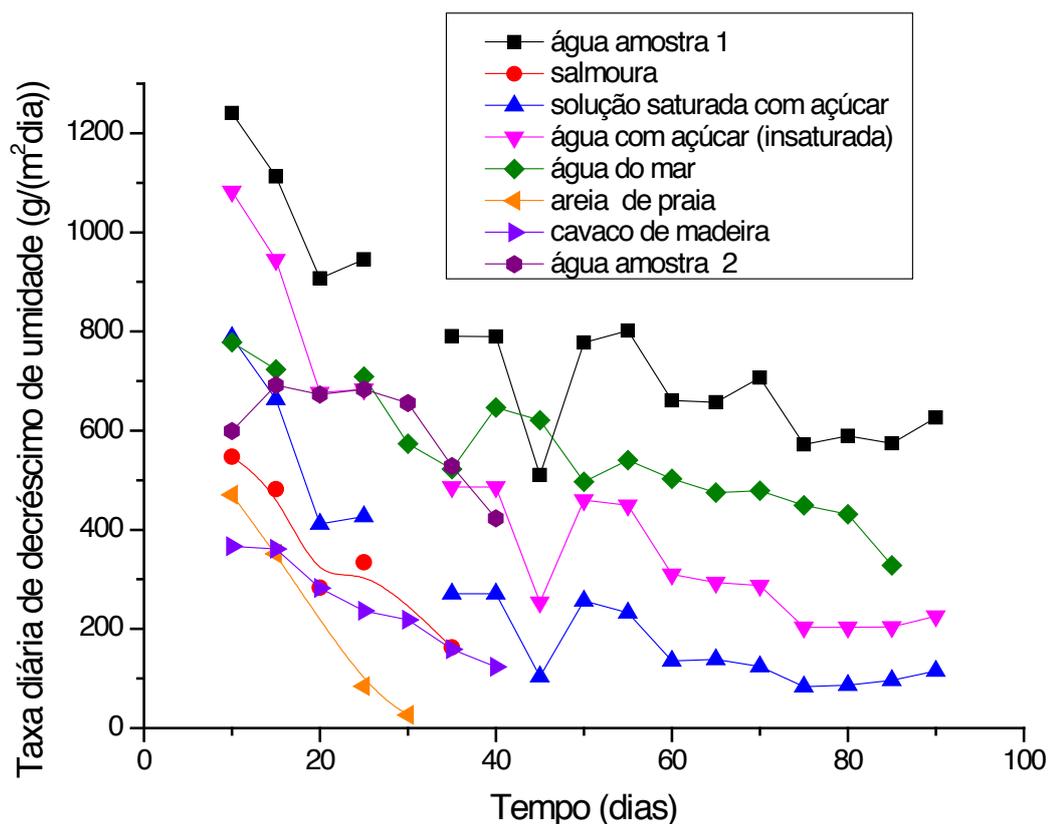


Figura 1 – Taxa de secagem das amostras estudadas

A evaporação da umidade na areia de praia saturada em água se comportou, até o quinto dia, da mesma forma que as amostras de água pura, ou seja, não tiveram

diferenças significativas entre elas, tendendo ao equilíbrio de evaporação em 20 dias.

As amostras de cavaco de árvores, saturadas em água, até o quinto dia também se comportaram de forma similar às amostras de água pura. Depois, houve diferenças significativas na taxa de secagem em relação às amostras de água, diminuindo sua intensidade até o equilíbrio.

Com a finalidade de explorar outras situações de secagem, algumas amostras de cavacos, após atingir o equilíbrio na secagem, foram pulverizadas com água até saturar superficialmente. Percebeu-se que nos primeiros cinco dias, a taxa de secagem foi similar à secagem da água nas mesmas condições atmosféricas com igual área de exposição dos recipientes. Em seguida, as amostras de cavaco tenderam novamente ao equilíbrio de secagem.

De acordo com as curvas apresentadas na Figura 2, durante o período de secagem de 100 dias, não tiveram diferenças significativas nas taxas de secagem da salmoura e das amostras de cavacos, para as mesmas condições ambientais, impostas no estudo. Em relação à areia, a curva de secagem se mostrou similar às amostras de salmoura e dos cavacos, porém sua secagem foi mais rápida, conforme a mesma Figura.

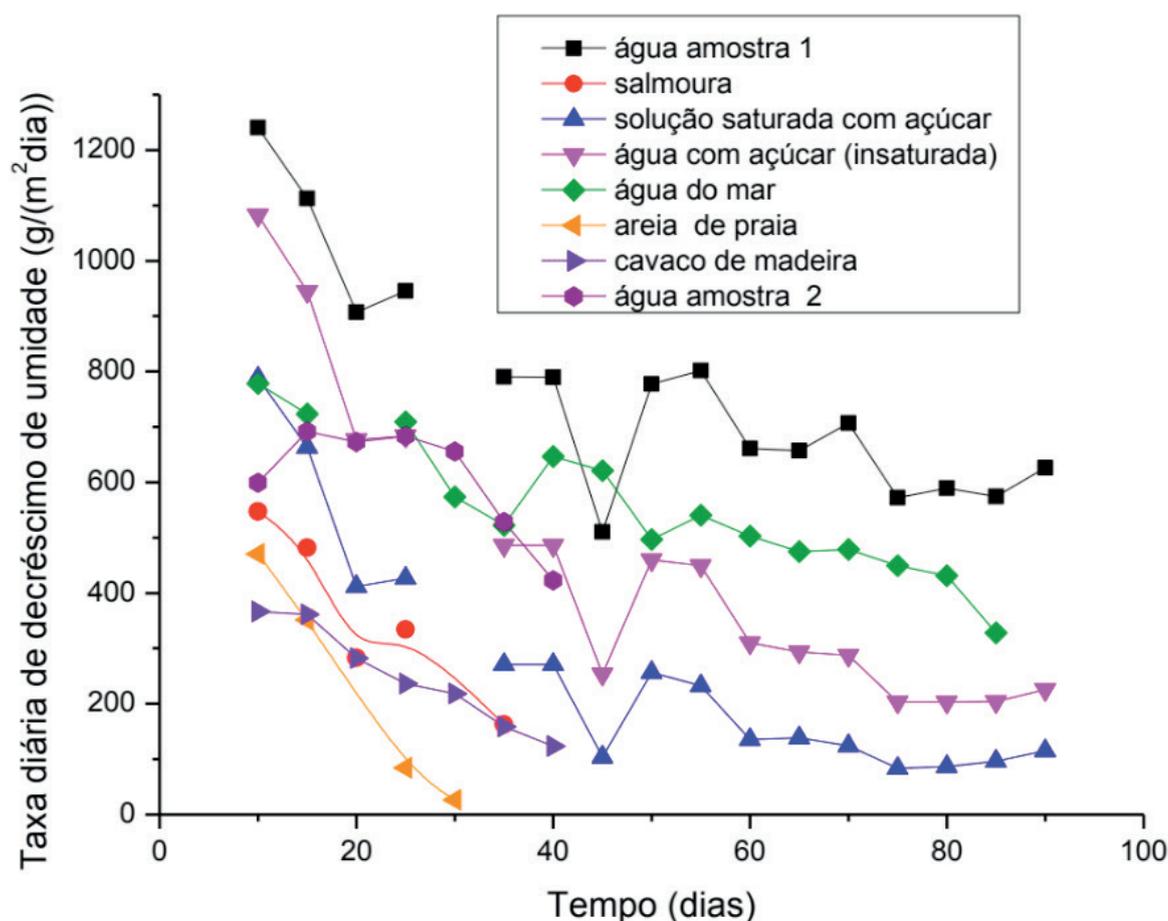


Figura 2 – Taxa diária de secagem das amostras de areia de praia, cavacos de madeira e salmoura

A altura dos recipientes também influenciou na secagem das amostras, tanto é

que aquelas que foram disponibilizadas em frascos mais fundos tiveram suas taxas de secagem menor que nos frascos rasos. Isto também ficou evidente nos resultados, pois se percebeu que, enquanto a massa líquida diminuía e o nível da superfície era baixado, deixando a amostra mais ao fundo, as taxas de secagem também diminuía.

Os resultados de secagem das amostras especificado na Figura 1, foi dividido em etapas de cinco em cinco dias, até a estabilização. Nos primeiros cinco dias, as amostras de água pura tiveram taxas médias de secagem de 1080 g/m²/dia (gramas por metro quadrado por dia) para recipientes rasos (com a superfície da água na borda do frasco) e de 834 g/m²/dia para frascos fundos.

Como se percebe pela Figura 3, as amostras de água pura tiveram sempre as maiores taxas de secagem que as demais amostras nas mesmas condições ambientais. Adotou-se então, a evaporação da água pura como padrão unitário, ou seja, com o coeficiente referencial “1” em relação às amostras inseridas em recipientes similares e condicionadas em mesmos ambientes. Estas outras amostras, seguindo essa mesma linha de raciocínio, tiveram coeficientes abaixo de um, até o equilíbrio de secagem. Se por ventura, alguma substância evaporasse mais rapidamente do que a água pura, como é o caso de alguns produtos mais voláteis como o álcool, por exemplo, eles teriam coeficientes maiores que um.

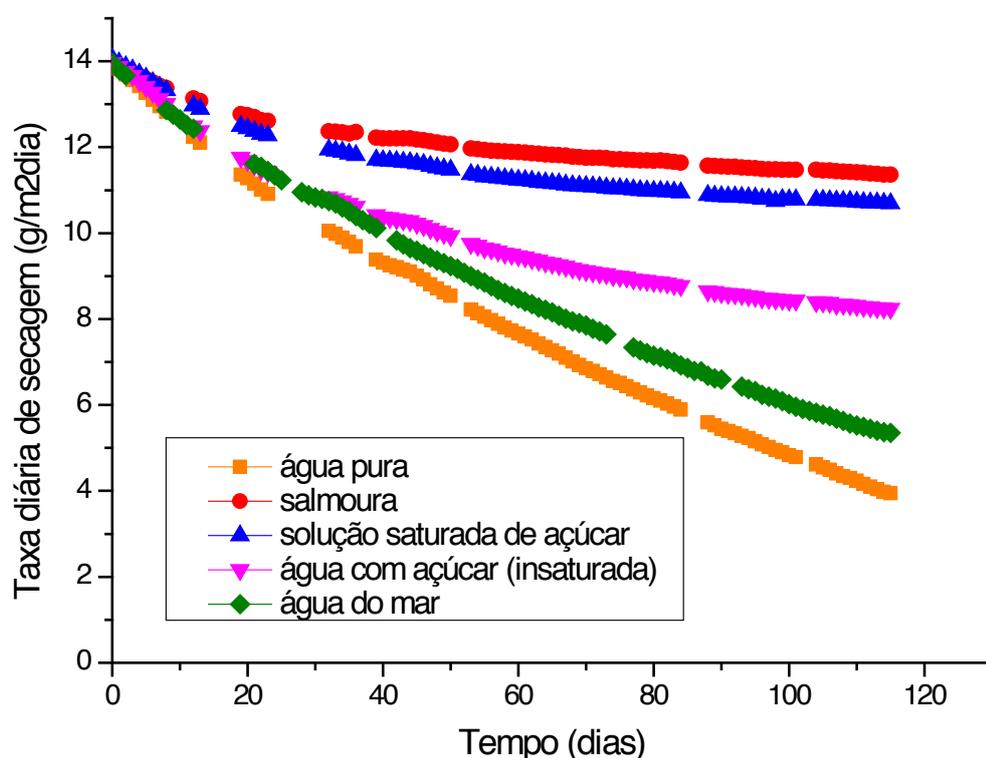


Figura 3 – Comparação entre as taxas diárias de secagem das amostras de água, areia, soluções com açúcar e salmoura

4 | CONCLUSÕES

A secagem de água no meio ambiente, tem características de comportamento

diferenciado, dependendo do local onde se encontra, diluição de sais ou açúcar e da área de exposição. A água pura, por exemplo, tem coeficiente de evaporação em média de 12 a 19% maior que a água do mar, em iguais condições ambientais. Essa evaporação diferenciada poderá interferir nas variações climáticas devido aos gradientes de absorção de energia contida no meio.

Quanto à secagem de areia e cavacos de madeira, percebeu-se pelos ensaios que, após saturação superficial, nos primeiros cinco dias se comportaram de forma similar às amostras de água. Assim, após uma chuva, a areia e os cavacos expostos nas mesmas condições ambientais e iguais áreas, poderão apresentar taxas de evaporação similares a uma lagoa ou reservatório de água doce.

Ao longo do período de até 100 dias, a evaporação da umidade superficial dos cavacos de madeira se comportou de forma similar à da salmoura. Pelo fato de não apresentar diferenças significativas entre as amostras, que foram condicionadas às mesmas características ambientais e área superficial, indica assim, a possibilidade de se monitorar o comportamento de um como parâmetro ao comportamento do outro.

REFERÊNCIAS

- BORGNACKE, C.; SONNTAG, R.E. (2013). **Fundamentos da termodinâmica clássica**, 8.ed. Série Van Wylen. São Paulo: Editora Edgard Blucher.
- DURACK, P.J.; WIJFFELS, S.E.; MATEAR, R.J. (2012). **Ocean salinities reveal strong global water cycle intensification during 1950 to 2000**. Revista Science, 27 de abril de 2012. Vol. 336. Disponível na página: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22539717>. Acessado em março de 2015.
- FATICHI, S.; MOLNAR, P.; MASTROTTEODOROS, T.; BURLANDO, P. (2015). **Diurnal and seasonal changes in near surface humidity in a complex orography**. Journal of Geophysical Research: atmosferas, 02/2015. Disponível na página: http://www.researchgate.net/publication/272569472_Diurnal_and_seasonal_changes_in_near_surface_humidity_in_a_complex_orography. Acessado em março de 2015.
- GREVE, P.; ORLOWSKY, B.; MUELLER, B.; SHEFFIELD, J.; REICHSTEIN, M.; SENEVIRATNE, S.E. (2014). **Global assessment of trends in wetting and drying over land**. Nature Geoscience. Disponível na página: 09/2014.http://www.researchgate.net/publication/265611780_Global_assessment_of_trends_in_wetting_and_drying_over_land. Acessado em março de 2015.
- MELLADO, E.C.E.R. (2007). **Modelo de transferência de calor e massa na secagem de madeira serrada de Pinus**. 2007. Tese de Doutorado em Ciências Florestais. Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- OLIVEIRA, J.T.S.; HELLMEISTER, J.C.; TOMAZELLO Filho, M. (2005). **Variação do teor de umidade e da densidade básica na madeira de sete espécies de eucalipto**. Rev. Árvore v. 29 n.1 Viçosa jan/fev. Disponível na página <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622005000100013>. Acessado em março de 2015.
- SANTOS, G.R.V.; JANKOWSKY, I.P.; ANDRADE, A. (2003). **Characteristic drying curve for Eucalyptus grandis lumber**. Scientia Forestalis n. 63, p. 214-220, jun. 2003. Disponível na página <http://www.ipef.br/publicacoes/ctecnica/nr199.pdf>. Acessado em março de 2015.

SOBRE O ORGANIZADOR

Luis Miguel Schiebelbein - Possui graduação em Agronomia pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (1997) e mestrado em Ciências do Solo pela Universidade Federal do Paraná (2006), Doutorado em Agronomia - Fisiologia, Melhoramento e Manejo de Culturas, pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (2017). Atualmente é Professor dos Cursos de Agronomia, Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo e Superior Tecnológico em Radiologia e de Pós-Graduação em Agronegócio e Gestão Empresarial do Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais (CESCAGE). É revisor da Revista de Ciências Agrárias - CESCAGE, Professor Colaborador do Curso de Agronomia da Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG) . Tem experiência na área de Agronomia, com ênfase em Agricultura de Precisão, atuando principalmente nos seguintes temas: Agricultura de Precisão, Geoprocessamento, Modelagem e Ecofisiologia da Produção Agrícola, Agrometeorologia, Hidrologia, Mecanização, Aplicação em Taxa Variável, Fertilidade do Solo e Qualidade.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-025-4

