



Recursos Hídricos

EM FOCO

Volume
1



Editora Poisson

Editora Poisson

Recursos Hídricos em Foco Volume 1

1ª Edição

Belo Horizonte
Poisson
2019

Editor Chefe: Dr. Darly Fernando Andrade

Conselho Editorial

Dr. Antônio Artur de Souza – Universidade Federal de Minas Gerais
Msc. Davilson Eduardo Andrade
Dra. Elizângela de Jesus Oliveira – Universidade Federal do Amazonas
Msc. Fabiane dos Santos
Dr. José Eduardo Ferreira Lopes – Universidade Federal de Uberlândia
Dr. Otaviano Francisco Neves – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
Dr. Luiz Cláudio de Lima – Universidade FUMEC
Dr. Nelson Ferreira Filho – Faculdades Kennedy
Msc. Valdiney Alves de Oliveira – Universidade Federal de Uberlândia

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

R311 Recursos Hídricos em Foco - Volume 1. /
Organização: Editora Poisson - Belo Horizonte:
Poisson, 2019.

Formato: PDF
ISBN: 978-85-7042-188-3
DOI: 10.36229/978-85-7042-188-3

Modo de acesso: World Wide Web
Inclui Bibliografia

1. Recursos Hídricos, 2. Tecnologias Ambientais.
I. Recursos Hídricos em Foco.

CDD:627

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

Baixe outros títulos gratuitamente em www.poisson.com.br

contato@poisson.com.br

Sumário

Capítulo 1: Remoção da demanda química de oxigênio em um filtro anaeróbio de fluxo ascendente com preenchimento de tampas de garrafa pet..... 08

Fábio Sergio Lima Brito, Josiane Coutinho Mathews, Tamiriz Leal Pantoja , Higor Ribeiro Borges, Karoline da Costa Barros, Jorge Fernando Hungria Ferreira

DOI: 10.36229/978-85-7042-188-3.CAP.01

Capítulo 2: Alternativa para tratamento de esgoto doméstico do departamento de Engenharia Ambiental da UFS..... 13

Carolina Cristina da Silva Ribeiro, Fabrícia Vieira, Alanna Vieira Silva, Caroline de Farias Couto da Silva, Nicole Príncipe Carneiro da Silva

DOI: 10.36229/978-85-7042-188-3.CAP.02

Capítulo 3: Aplicação de coagulantes orgânicos catiônicos sintetizados por indução de micro-ondas para o tratamento de efluentes industriais..... 22

Janna Nayad de Souza Castro, Elaine Angélica Mundin Ribeiro, Ana Gabriela Tomé Alves, Guimes Rodrigues Filho, Sheila Cristina Canobre, Fábio Augusto do Amaral

DOI: 10.36229/978-85-7042-188-3.CAP.03

Capítulo 4: Tratamento de efluente utilizando a técnica de eletrofloculação com diferentes eletrodos e análise de componentes principais 29

Thais Fernandes Neulls, João Victor Ferreira de Souza, Rodrigo Vieira Blasques, Darlan Ferreira da Silva, Paulo Cesar Mendes Villis, Wolia Costa Gomes

DOI: 10.36229/978-85-7042-188-3.CAP.04

Capítulo 5: Remoção de nutrientes em Wetland construído do tipo Francês 37

Amanda Silva Nunes, Orlando de Carvalho Junior

DOI: 10.36229/978-85-7042-188-3.CAP.05

Capítulo 6: Avaliação do saneamento e seus impactos na saúde pública de Belém.... 45

Lucas de Oliveira Loureiro, Josiane Coutinho Mathews, Higor Ribeiro Borges, Handra Tatiana de Brito Romão, Fábio Venilson de Sousa Pereira

DOI: 10.36229/978-85-7042-188-3.CAP.06

Capítulo 7: Potencial poluidor de depósitos de resíduos de beneficiamento de rocha ornamental quanto a topografia, clima e pluviosidade..... 51

Alexandre Vianna Bahiense, Marciel Zucoloto Pizetta

DOI: 10.36229/978-85-7042-188-3.CAP.07

Sumário

Capítulo 8: Justiça ambiental em saneamento básico: Um olhar sobre Laranjal do Jari-AP 54

Airton Emanuel Santos Bezerra, Jamille de Fátima Aguiar de Almeida Cardoso

DOI: 10.36229/978-85-7042-188-3.CAP.08

Capítulo 9: A captação e o reaproveitamento de água da chuva para fins não potáveis: Uma economia sustentável..... 60

Reinaldo Pimentel Moreira Júnior, Gysely Souza Brito

DOI: 10.36229/978-85-7042-188-3.CAP.09

Capítulo 10: Sistema de aproveitamento de águas pluviais em comunidades de baixa renda – Estudo de caso na Rocinha..... 65

Monique de Barros Melo, Jorge Henrique Alves Prodanoff, Rafael Kelman, Tarcisio Luiz Coelho de Castro

DOI: 10.36229/978-85-7042-188-3.CAP.10

Capítulo 11: Proposta de implantação de sistema de aproveitamento de água de chuva e análise comparativa dos métodos de dimensionamento de reservatório segundo a NBR 15527:2007 73

Inês Belotti de Lemos, Pedro de Souza Garrido Neto, Aline Pires Veról, Marcelo Gomes Miguez, Elaine Garrido Vazquez

DOI: 10.36229/978-85-7042-188-3.CAP.11

Capítulo 12: Avaliação da produção de água dos poços tubulares utilizados para abastecimento público no Município de Carlos Barbosa (RS) 83

Tuane de Oliveira Dutra, Pedro Antonio Roehe Reginato, Marcos Imério Leão, Gustavo Barbosa Athayde, Márcio André Klein, Rosana Alves Paim

DOI: 10.36229/978-85-7042-188-3.CAP.12

Capítulo 13: Análise do relevo para o mapeamento de áreas favoráveis ao processo de infiltração 97

Anna Hoffmann Oliveira, Gustavo Klinke Neto, Sueli Yoshinaga Pereira

DOI: 10.36229/978-85-7042-188-3.CAP.13

Capítulo 14: Uma revisão das técnicas de modelagem e mapeamento de inundações em regiões urbanas 103

Jakcemara Caprario, Fabiane Andressa Tasca, Aline Schuck Rech, Nivea Morena Gonçalves Miranda, Larissa Thainá Schmitt Azevedo, Alexandra Rodrigues Finotti

DOI: 10.36229/978-85-7042-188-3.CAP.14

Sumário

Capítulo 15: Uso de traçadores naturais e fluorescentes para estudos de interconexões hidráulicas na bacia representativa de Juatuba 109

Vinícius Verna Magalhães Ferreira, Cláudio José Chagas, Zildete Rocha, Rubens Martins Moreira, Raquel Luiza Mageste Fonseca, Maria Angela de Barros Correa Menezes, Elenísio Santana Fonseca, Nayron Cosme de Lemos, Talita de Oliveira Santos

DOI: 10.36229/978-85-7042-188-3.CAP.15

Capítulo 16: A análise pluviométrica na gestão dos recursos hídricos: Exame de dados de 2015 de uma estação pluviométrica da Amazônia Central 116

Dênis Agüero do Nascimento, Mateus Ferreira de Oliveira, Solange Batista Damasceno, Joecila Santos Silva

DOI: 10.36229/978-85-7042-188-3.CAP.16

Capítulo 17: Zoneamento pluviométrico na Bacia Hidrográfica do Rio Ipojuca (PE) e sua relação com o escoamento dos cursos hídricos..... 126

Thiago Franklin Santos de Almeida, Gadadhara de Figueiredo Ferraz, Roberta de Melo Guedes Alcoforado

DOI: 10.36229/978-85-7042-188-3.CAP.17

Capítulo 18: Qualidade das águas subterrâneas nas dunas e cristalino em Caucaia-CE 133

Bruno Alves de Mesquita, Horst Frischkorn, Carla Maria Salgado Vidal Silva, Josué Mendes Filho, Maria Marlúcia Freitas Santiago

DOI: 10.36229/978-85-7042-188-3.CAP.18

Capítulo 19: Análise da qualidade da água do Açude Epitácio Pessoa no Município de Boqueirão – PB..... 144

Julyanna Damasceno Pessoa, Bruna da Silveira Guimarães, Josevania Rodrigues Jovelino, Kamila Freitas Porto, Kepler Borges França

DOI: 10.36229/978-85-7042-188-3.CAP.19

Capítulo 20: A questão dos recursos hídricos e Mangá: Uma análise do volume N^o 01 da obra Planetes, de Makoto Yukimura..... 147

Israel Chaves Santos, Danilo Mercês Freitas

DOI: 10.36229/978-85-7042-188-3.CAP.20

Capítulo 21: Avaliação de parâmetros físico-químicos no Rio Furo do Maguari, Região Metropolitana de Belém, Pará..... 154

Luciano André Barbosa Da Silva, Lucio Cardoso de Medeiros Filho, Paulo Sérgio Góes Reis, Juliana Cristina Silva do Nascimento, Lorena Fernanda Araújo Soares, Ivana Cristina Correa Sarmento

DOI: 10.36229/978-85-7042-188-3.CAP.21

Sumário

Capítulo 22: Monitoramento da qualidade e preservação das nascentes urbanas de Ji-Paraná/RO 159

Yves Dias Brito, Avilyn Barbara Garcia Lopes, Nicolay Dal Santo Svierzoski, Gabriel Araújo Paes Freire, Nara Luísa Reis de Andrade

DOI: 10.36229/978-85-7042-188-3.CAP.22

Capítulo 23: Análise da qualidade da água em microbacias hidrográficas nos municípios de Ourém, Maracanã e Magalhães Barata, no Estado do Pará..... 166

Wesley Vinicius Victor Moura, Gabriel Constantino Monteiro da Silva, Adriana de Freitas Diniz, José Ribamar da Cruz Freitas Junior

DOI: 10.36229/978-85-7042-188-3.CAP.23

Capítulo 24: Análise de viabilidade de reúso de água proveniente de esgoto para centros educacionais..... 175

Guilherme Antonio Marques de Souza, Felipe Pelegrini Cavalcante

DOI: 10.36229/978-85-7042-188-3.CAP.24

Capítulo 25: Revestimento anticorrosivo para proteção de tubulação de aço..... 179

Mitsuo Milton Yamasihita, Carolina Antonini Cozar, Vanessa Correa Arantes

DOI: 10.36229/978-85-7042-188-3.CAP.25

Autores:..... 182

Capítulo 1

Remoção da demanda química de oxigênio em um filtro anaeróbio de fluxo ascendente com preenchimento de tampas de garrafa pet

Fábio Sergio Lima Brito

Josiane Coutinho Mathews

Tamiriz Leal Pantoja

Higor Ribeiro Borges

Karoline da Costa Barros

Jorge Fernando Hungria Ferreira

Resumo: Este trabalho objetivou estudar a eficiência de um Filtro Anaeróbio (FA) de fluxo ascendente na remoção da Demanda Química de Oxigênio (DQO), utilizando tampinhas de garrafa PET como meio suporte. Os procedimentos metodológicos compreendem em: revisão da literatura técnico científica, construção do biofiltro anaeróbio e análise laboratoriais com coletas simples do afluente e efluente do experimento do FA durante o período de novembro de 2017 a março de 2018. Os dados da pesquisa foram comparados com a resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) 430/2011 e analisados utilizando a estatística descritiva (média, mínimo, máximo, desvio padrão e coeficiente de variação) com o auxílio do software BioEstat. Os resultados apontaram que durante os (05) cinco meses de avaliação do FA o mês de novembro apresentou a menor eficiência na ordem de 6,41% e a maior foi no mês de fevereiro que apresentou 69,65% de remoção da carga orgânica poluidora, ademais o reator de bancada mostrou-se estável e com boa eficiência na remoção da DQO comprovando assim que as tampas de garrafas PET são materiais viáveis ao uso como meio suporte de FA para o tratamento de esgoto.

Palavras-chave: Tratamento de Esgoto; Filtro Anaeróbio; Reator de Bancada.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil mais de 60% das cidades do país não possuem políticas de saneamento Básico. Nesse sentido, um dos maiores entres para consolidação dos serviços de saneamento estar relacionado ao esgotamento sanitário, visto que, a população brasileira obtém cerca de 52,36% de acesso a rede coletora e 46% de tratamento (TRATA BRASIL, 2017).

Nessa perspectiva, a região Norte do Brasil apresenta atos déficit na cobertura dos serviços de esgotamento sanitário. De acordo com a Agência Nacional das Águas-ANA (2017), a ausência do tratamento de esgoto compromete a qualidade da água nas áreas urbanas causando impactos nos corpos receptores, além de dificultar o atendimento de possíveis usos a jusante tais como: abastecimento humano, balneabilidade e irrigação. Além dos problemas de saúde pública em virtude da para a proliferação de inúmeras doenças parasitárias e infecciosas além da degradação do corpo da água.

Nesse contexto, a busca por alternativas de tratamento de esgoto que sejam adequadas a realidade econômica, social, estrutural e ambiental de uma região é essencial para a diminuição de impactos ao meio ambiente e de índices de doenças contraídas pela população, relacionadas a despejo inadequado de esgoto (CRUZ *et al*, 2010).

Dentre as mais variadas formas de tratamento de esgoto está o filtro anaeróbio (FA) o qual é um tanque que possui um material de enchimento que forma um leito fixo. Nos interstícios do material de enchimento acumulam-se microrganismos que crescem dispersos ou agregados em flocos ou grânulos, enquanto na superfície do material inerte desenvolve-se o biofilme e o lodo em filamentos. Apresenta a capacidade de suportar altas cargas orgânicas e produzir biogás (SILVA, 2014).

Dessa forma, o FA apresenta simplicidade operacional, baixo custo operacional e de manutenção e operam com boa eficiência na remoção da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e Demanda Química de Oxigênio (DQO) com pequenos tempos de detenção hidráulica (PINTO, 1995). Ademais, o FA tem mostrado grande importância no tratamento das águas residuais em diferentes escalas em virtude da viabilidade econômica e ambiental que o reator oferece, além da remoção dos poluentes como exige os órgãos ambientais brasileiros.

2. OBJETIVOS

O presente trabalho objetivou estudar a eficiência na remoção da Demanda Química de Oxigênio (DQO) no tratamento de efluente sanitário utilizando um filtro anaeróbio de fluxo ascendente (FA).

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em escala de laboratório, instalado no Laboratório de Instalações Piloto de Tratabilidade de Águas e Lodo que se encontra no prédio da Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental (FAESA) do Instituto de Tecnologia (ITEC) da Universidade Federal do Pará (UFPA).

O sistema pode ser observado na Figura 1-a, sendo composto por um reservatório, uma bomba dosadora e o filtro anaeróbio (FA). O esgoto que alimentava o FA era proveniente de uma caixa de passagem que recebe o esgoto gerado no prédio da FAESA, em banheiros, um restaurante, duas copas e laboratórios.

A alimentação do FA era realizada através de uma bomba dosadora do fabricante Prominent, modelo CONCEPT PLUS, com a vazão regulada em 36 ml/min. que recalrava o esgoto de um reservatório de polietileno do fabricante FORTLEV de 75 L que era alimentado manualmente com o auxílio de um balde de 20 L. A taxa de aplicação hidráulica aplicada no FA era de $0,65 \text{ m}^3/\text{m}^2.\text{d}$.

O FA com fluxo ascendente foi confeccionado em um recipiente no formato retangular, com volume útil de 17,53 L e área superficial de $0,08 \text{ m}^2$. Para assegurar uma distribuição uniforme do esgoto, se fez a instalação de distribuidores no fundo do filtro. O efluente era coletado através de uma tubulação com furos de 6 mm na parte superior do reator, que conectado a uma mangueira rígida encaminhava o efluente para um ralo, retornando a caixa de passagem. Estes detalhes podem ser observados na Figura 1-b. Além disso, foi necessário o emprego de uma tela de polipropileno para que o meio suporte ficasse totalmente afogado durante o período de operação do sistema e assim proporcionar melhor fixação dos microrganismos ao material suporte.

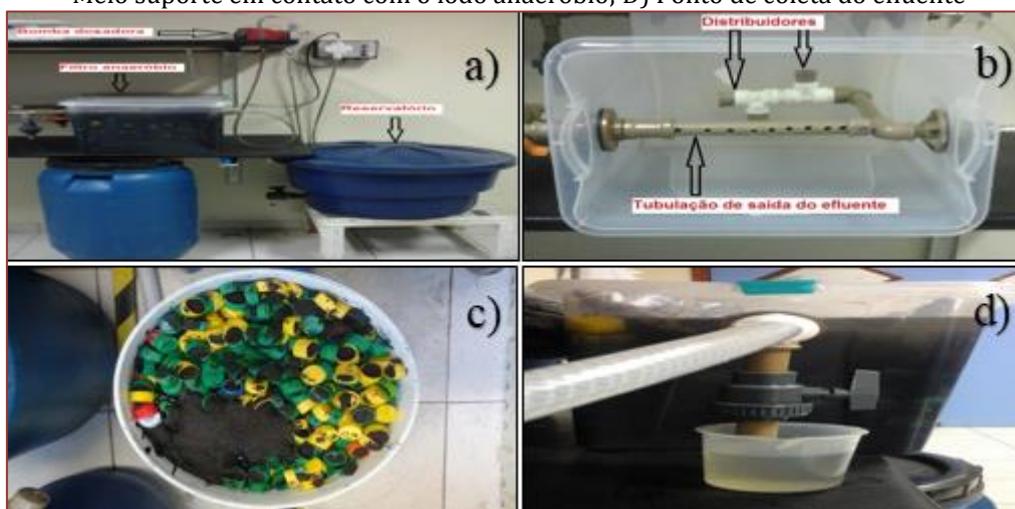
Como meio suporte para o FA foram utilizadas tampas de garrafas de Politereftalato de etileno (PET). Tampas estas oriundas do descarte de embalagens de refrigerante. A inoculação do meio suporte foi

realizada para que o tempo de partida do FA ocorresse de forma mais acelerada. O inóculo utilizado foi o lodo anaeróbio cedido por indústria de refrigerantes, oriundo de sua ETE. O material suporte ficou durante 16 dias em contato com o lodo, como pode ser observado na Figura 1-c. Após o período de inoculação, o FA foi preenchido com as tampas.

Durante a operação do sistema o FA ficou recebendo alimentação de forma contínua. As amostras começaram a ser coletadas para análise após um período de 13 semanas do início da operação. O monitoramento do FA foi realizado com a coleta de amostras do afluente e do efluente, no período compreendido entre novembro de 2017 e março de 2018.

A coleta das amostras do afluente era realizada com o auxílio de um becker de 500 ml, sendo retirado de forma manual diretamente do reservatório (Figura 1-d). A do efluente do FA foi feita através de um tubo com um registro de esfera, que foi conectado na mangueira de saída do efluente do FA, sendo também necessário a utilização de um becker de 250 ml, como mostra a Figura 4. Eram utilizados dois frascos de polietileno graduados, um para o afluente e outro para o efluente, cada um com capacidade de armazenar 1 L de amostra. Para a composição de amostra composta eram realizadas a coleta de 3 alíquotas de 300 ml cada no período entre 8 horas e 18 horas, totalizando 900 ml de amostra do afluente e do efluente.

Figura1: A) Visão geral do sistema experimental; B) Vista superior do FA; C) Meio suporte em contato com o lodo anaeróbio; D) Ponto de coleta do efluente



Fonte: Autores (2019)

4.RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ANÁLISE DA ESTATÍSTICA DESCRITIVA

Conforme pode ser observado na Tabela 1, os dados obtidos quanto a análise das cinco (05) campanhas da DQO_t indicou que os valores encontrados na concentração média foi de 154 ± 54 para o AF e 103 ± 57 mg/L para o EF com seus desvios padrão respectivos. Os valores máximos foram de 290 para o AF e o EF de 263 e o coeficiente de variação foi de 0,35 no AF e de 0,55 no EF.

Tabela 1: Estatística descritiva dos valores obtidos da DQO_t

	Afluente (AF)	Efluente (EF)
Número de dados	16.00	16.00
Média	153.75	103.19
Mínimo	77.00	36.00
Máximo	290.00	263.00
Desvio padrão	54.39	56.99
Coef. Var	0.35	0.55

Fonte: Autores (2019)

4.2 AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DO FA

Visando conhecer o desempenho e estabilidade do FA foram realizadas 5 campanhas durante os meses estudados em que, pôde-se observar que os valores de entrada de DQO do mês de novembro obteve variação média de $164 \pm 73,78$ no AF e 166 ± 81 no EF. Um possível fator que pode ter interferido no desempenho do FA pode estar relacionado a curta duração de tempo que não propiciou condições favoráveis para uma boa aderência do material suporte (Gráfico 1-a).

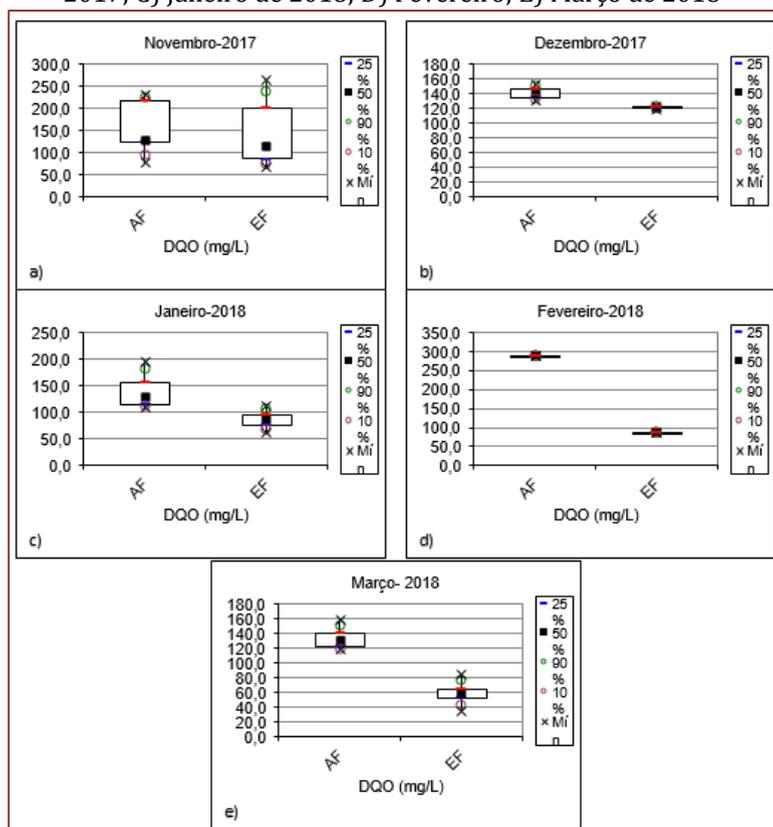
No mês de dezembro a concentração média da DQO foi de $141,5 \pm 16$ mg/L no AF e $121,5 \pm 3,50$ mg/L no EF demonstrando que diferentemente da campanha anterior, o biofilme com utilização das tampinhas de garrafa de PET apresentou melhor contato e aderência do material, onde é possível perceber a remoção da matéria orgânica (Gráfico 1-b). Conforme Pinto (1995), “a partir do aumento das fases (dias), maior a estabilidade e aclimatização e desenvolvimento da biomassa no reator”.

O mês de janeiro apresentou média de 142 ± 39 mg/L no AF e 87 ± 21 mg/L no EF mostrando baixa variação nos valores encontrados com relação ao tratamento no EF o que demonstra bom desempenho do FA (Gráfico 1-c). Ademais, em fevereiro a média foi de 290 ± 8 mg/L no AF e 88 ± 4 mg/L no EF (Gráfico 1-d). Os filtros de fluxo ascendente podem propiciar alta eficácia e podem ser aplicados a efluentes de baixa e elevada carga orgânica, pois a eficiência é bem distribuída no reator (BUSATO, 2004).

Por fim, no mês de março a média das concentrações foram de $134,5 \pm 18$ no AF e $59,75 \pm 20$ EF demonstrando a continuidade da estabilidade e eficiência do meio suporte utilizado (Gráfico 1-e). Nesse sentido, “verifica-se que o tempo médio de residência dos microrganismos nos reatores é muito elevado devido ao fato destes estarem fixados ao meio suporte, ou retidos em seus interstícios, propiciando então o bom desempenho do processo de tratamento” (PINTO, 1995).

Vale ressaltar também que, embora não tenha sido investigada a variável Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), o fato desta ter um valor sempre igual ou inferior a DQO demonstra que o efluente do FA atenderia o padrão estabelecido na Resolução 430/11 do CONAMA de no máximo 120 mg/L de DBO. Ainda pode ser observado que no AF a DQOt apresentou 75% dos valores acima de 123 mg/L e abaixo de 169 mg/L. O EF apresentou valores 75% acima de 67 e abaixo de 115 mg/L.

Gráfico 1:) Análise do Afluente e Efluente removido nos meses de A) Novembro de 2017; B) Dezembro de 2017; C) Janeiro de 2018; D) Fevereiro; E) Março de 2018



Fonte: Autores (2019)

4.3 EFICIÊNCIA DO FA

Na tabela 2, estão dispostos os dados referentes a eficiência da remoção da matéria orgânica no FA ao longo dos meses estudados na pesquisa, em que se constatou um aumento de 6,41% a 69,55% na remoção da DQO demonstrando boa aderência do meio de suporte do material utilizado. Nesse aspecto, o desempenho do sistema de tratamento de águas residuárias pode ser relacionado diretamente com a eficiência de remoção de DQO obtida no processo, por isso nos estudos é enfatizado esse parâmetro (BAETTKER, 2015).

De acordo Ávila (2005), a eficiência do meio de suporte influencia no tratamento empregado, pois a propriedade física do material deve ser quimicamente inerte para que não haja reação com o esgoto. Logo, a tampinha de garrafa pet mostrou-se uma alternativa viável levando em consideração sua resistência, já que, o plástico tem tempo de decomposição aproximada de 100 a 500 anos, o que dificultaria a reação com o esgoto no processo de tratamento.

Tabela 2: Média do afluente e efluente do FA durante os meses

Meses	Afluente	Efluente	Unidade	Eficiência %
Novembro	156,2	146,6	mg . L ⁻¹	6,41
Dezembro	141,5	121,5		14,13
Janeiro	142	87		38,73
Fevereiro	290	88		69,65
Março	134,5	59,75		55,97

Fonte: Autores (2019)

4.4 COMPARAÇÃO COM OUTROS MEIOS SUPORTE

Campos e Kautzmann (2004) avaliaram a eficiência quanto ao emprego dos resíduos provenientes da construção civil sendo eles: cerâmica, brita e cimento e cerâmico os dois últimos em conjunto, como meio suporte em leitos cultivados no tratamento de esgotos sanitários e obteve redução de 33,3 % da DQO.

Na pesquisa de Avila foram avaliados diferentes meios suporte em que um deles foram utilizados anéis de plásticos em que a média de eficiência foi de 68% a 73% da DQO removida. A autora destacou ainda que a variação de desempenho de cada reator pode mudar conforme as dimensões e dos materiais utilizados no FA.

Ao fazer uma analogia com os FA à cima, observou-se que o valor médio obtido do experimento de bancada deste estudo foi de 115 mg/L em 75% das amostras. Logo, foi superior ao encontrado por Campos e Kautzmann enquanto que os valores se mostraram bem próximo ao encontrado por Ávila (2005), que obteve um valor médio de DQOt de 97mg/L.

Vale ressaltar que, a comparação com os diferentes meios suportes pode auxiliar na escolha do material a ser utilizado dependendo da disponibilidade e relação custo benefício, além de avaliar se o experimento realizado apresenta comportamento esperado quanto a eficiência de remoção dos poluentes.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da atual situação do Brasil com relação ao baixo investimento no sistema de tratamento de esgoto, em especial da região Norte do país, faz se necessário a implantação de tecnologias economicamente viáveis e seguras para sanar os problemas sanitários advindos da disposição irregular das águas residuais tanto para ao meio ambiente quanto a população brasileira.

Nesse sentido, dentre as alternativas de tratamento dos efluentes encontra-se o (FA) que é um reator de fácil construção, execução e operação, que de um modo geral foi observado que o FA estudado nesta pesquisa apresentou remoções de matéria orgânica, mesmo o esgoto bruto apresentando baixas concentrações. Com isso ficou claro que as tampinhas de garrafa PET mostraram-se como bom material para adsorção do biofilme e, portanto, viáveis como meio suporte para este tipo de reator.

REFERÊNCIAS

- [1] Agência Nacional das Águas. Atlas do esgoto. Disponível em: < <http://atlasesgotos.ana.gov.br/>>. Acesso em 12 abr. 2019.
- [2] Apha, Awwa e Wef. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22° Edição, AWA, Washington, EUA, 2012.
- [3] Ávila, R. O. D. Avaliação do desempenho de sistemas tanque séptico-filtro Anaeróbio com diferentes tipos de meio suporte. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 152p.2005.
- [4] Baettker, E. C. Avaliação do desempenho de filtros anaeróbios preenchidos com diferentes meios suportes no tratamento de água residuária sintética. Dissertação de mestrado, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2015.
- [5] Busato, R. Desempenho de um filtro anaeróbio de fluxo ascendente como tratamento de efluente de reator UASB: estudo de caso da ETE Imbituva. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2004.
- [6] Campos, L. E. F; Kautzmann, R. M. Filtragem anaeróbia utilizando resíduos gerados na construção civil. In: Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável. Santa Catarina. Anais eletrônicos...Disponível em: < <https://www.ipen.br/biblioteca/cd/ictr/2004/ARQUIVOS%20PDF/02/02-023.pdf>>. Acesso em 20 abr. 2019.
- [7] Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Disponível em: < https://www.mprs.mp.br/media/areas/gapp/arquivos/atualizacao_intra/dou/res_conama_430.pdf>. Acesso em 12 abr. 2019.
- [8] Pinto, J. D. S. Da. Tratamento de Esgotos Sanitários Através de Filtro Anaeróbio de Fluxo Ascendente Utilizando Escória de Alto Forno como Meio Suporte. Dissertação de mestrado – Universidade Federal de Minas Gerais. Minas Gerais, 1995.
- [9] Silva, Priscila de Castro e. Desempenho de um filtro anaeróbio de fluxo ascendente como unidade de tratamento para efluente da suinocultura. Dissertação de mestrado – Universidade Federal de Lavras. Minas Gerais, 2014.
- [10] Trata Brasil. Principais estatísticas do Brasil. Disponível em: < <http://www.tratabrasil.org.br/saneamento/principais-estatisticas/no-brasil/esgoto>>. Acesso em 15 abr. 2019

Capítulo 2

Alternativa para tratamento de esgoto doméstico do Departamento de Engenharia Ambiental da UFS

Carolina Cristina da Silva Ribeiro

Fabírcia Vieira

Alanna Vieira Silva

Caroline de Farias Couto da Silva

Nicole Príncipe Carneiro da Silva

Resumo: O sistema de esgotamento sanitário é o serviço de saneamento básico que apresenta a menor taxa de atendimento nos municípios brasileiros. O custo dos sistemas de coleta e tratamento de efluentes é, muitas vezes, inviável para instituições e residências de baixa renda, tornando a aplicação de sistemas de tratamento e destinação de esgoto doméstico para cada edificação a melhor solução. Dessa forma, este trabalho teve como objetivo projetar um sistema de tratamento de esgoto doméstico para o Departamento de Engenharia Ambiental e Sanitária (DEAM) da Universidade Federal de Sergipe (UFS). Para tal, foi utilizada a metodologia empregada no Manual de Saneamento da FUNASA, para dimensionamento do tanque séptico, do filtro anaeróbico e do sumidouro, a fim de atender as necessidades dos despejos de efluentes do local. Além disso, foram necessários testes de infiltração no solo, nos pontos onde os equipamentos de tratamento seriam implantados. A partir do coeficiente de infiltração encontrado pela fórmula de Horton, foi possível obter o tipo de solo da área, composto por areia bem selecionada e limpa variando a areia grossa com cascalho. Ademais, o ponto estabelecido para localização do sumidouro foi o de maior capacidade de infiltração.

Palavras-chave: esgoto doméstico; sistema de tratamento; teste de infiltração.

1. INTRODUÇÃO

Os serviços de saneamento básico estão relacionados às ações que envolvem sistemas de abastecimento e de tratamento de água, sistema de esgotamento sanitário, coleta de resíduos sólidos e manejo das águas de chuva (MANUAL DAS CIDADES, 2009).

Segundo o IBGE (2010), o esgotamento sanitário é o serviço de saneamento básico que apresenta a menor taxa de atendimento nos municípios brasileiros, compreendendo uma porcentagem de 40,4% de municípios que não possuem esse serviço. O Norte, por sua vez, é a região com a maior proporção de municípios sem coleta de esgoto (86,6%), seguido do Centro-Oeste (71,7%), do Sul (60,3%), do Nordeste (54,3%) e do Sudeste (4,9%). Em casos como esses, os principais receptores do esgoto *in natura* são os mananciais, comprometendo a qualidade da água utilizada para abastecimento, irrigação e recreação. No Brasil, dos 59,6% dos municípios que possuem sistema de esgotamento sanitário, menos de um terço (1/3) fazem tratamento de esgoto, havendo 68,8% de volume tratado do total coletado no país (IBGE, 2010).

O esgoto doméstico, o qual provém de edificações que dispõe de instalações hidrossanitárias, é composto por água de banho, excretas, restos de alimentos, produtos de higiene e águas de lavagem. Os dejetos humanos característicos desse esgoto são precursores de germes patogênicos, os quais podem comprometer a saúde e bem-estar da população. Desse modo, a disposição e o tratamento desses rejeitos tornam-se imprescindíveis (FUNASA, 2004). Entretanto, o custo dos sistemas de coleta e tratamento de efluentes é inviável para instituições e residências de baixa renda. Assim, a aplicação de sistemas de tratamento e destinação de esgotos domésticos para cada edificação torna-se a melhor solução.

Segundo Fagundes (2009), os sistemas existentes como alternativa para tratamento de esgotos domésticos podem ser classificados como hídricos e não hídricos. Os sistemas não hídricos englobam a utilização de banheiros secos, do tipo: sistema com recipientes móveis, sistema de corrousel ou sistema com duas câmaras. Já os sistemas hídricos, englobam o sistema combinado com tanque séptico ou fossa séptica, em que, o esgoto doméstico após passar pelo tanque séptico/fossa séptica recebe outros tipos de tratamentos, por meio de valas de filtração ou filtros, e ao final são dispostos em sumidouros. Os sistemas hídricos têm como vantagens a facilidade de execução e manutenção, porém requer terrenos permeáveis, sendo necessário testes de infiltração no solo, para os locais em que o tanque séptico, o filtro e o sumidouro serão implantados.

O tanque séptico tem por finalidade deter os despejos domésticos, de modo a permitir a decantação dos sólidos e retenção do material graxo contido no esgoto, e seu funcionamento obedece as seguintes etapas: a) retenção, fase em que o esgoto fica retido por um período estabelecido entre 12 e 24 horas; b) detenção, etapa em que ocorre a sedimentação de até 70% dos sólidos suspensos; e c) digestão, na qual ocorre a ação das bactérias anaeróbicas provocando a destruição total ou parcial dos organismos patogênicos (FUNASA, 2004).

O filtro anaeróbio tem como função permitir o escoamento ascendente do efluente oriundo do tanque séptico, o filtro é normalmente empacotado com britas e auxilia no processo de tratamento do efluente que ainda apresenta resíduos de carga orgânica, tendo uma eficiência de 70-90% de remoção da DBO. Já o sumidouro, tem como finalidade a disposição final do

efluente, possibilitando a sua infiltração por meio de paredes verticais escavadas no solo (FUNASA, 2004). Segundo a ABNT, disposto na NBR 13.969/97 o uso de sumidouro é permitido somente em locais com distância mínima de 1,50 metros do lençol freático.

2. OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho foi projetar um sistema de tratamento de esgoto doméstico do tipo hídrico, para o Departamento de Engenharia Ambiental e Sanitária (DEAM) da Universidade Federal de Sergipe (UFS), a fim de atender as necessidades dos despejos de efluentes do local.

3. MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo está localizada no município de São Cristóvão, na Universidade Federal de Sergipe. O Departamento de Engenharia Ambiental e Sanitária (DEAM), recebe em suas dependências um total de 212 pessoas, sendo 188 alunos da graduação, 10 professores e 14 alunos da pós-graduação, tendo, portanto, uma grande quantidade de efluentes sanitários despejados por dia.

Para que fosse possível o emprego de uma alternativa de tratamento de esgoto doméstico para o DEAM, a metodologia empregada consistiu no uso do Manual da FUNASA e da NBR 13.969/1997, para o cálculo do dimensionamento do tanque séptico, filtro anaeróbico e sumidouro a fim de atender as necessidades dos despejos de efluentes do local. Deste modo, as etapas e fórmulas necessárias estão descritas a seguir:

1. TESTE DE INFILTRAÇÃO

Para obter dados de quantidade de infiltração de água na área e no ponto onde deverá ser instalado o sumidouro, foram realizados testes de infiltração. Os testes foram feitos baseados numa metodologia de Hills adaptada por Guerra.

Foram escolhidos três pontos da área para fazer o teste (Figura 1), sendo que o terceiro ponto se refere ao local onde será construído o sumidouro. Utilizou-se infiltrômetros cilíndricos de material PVC com 15 cm de altura e 10 cm de diâmetro, com réguas graduadas instaladas em seu interior para quantificar a lâmina de água que descia por minuto (Figura 2). Com a ajuda de um martelete, a base dos infiltrômetros penetrou 5 cm no solo para fixação. Usou-se um cronômetro para medição do tempo de descida da lâmina em cada ponto.

A água foi sendo colocada no intervalo de tempo de 30 minutos totais (Figura 2). E, a cada minuto eram anotadas as medidas da água na régua graduada. Assim, nos três pontos, as

últimas reposições de água tinham valores convergentes, obtendo valores muito próximos, sendo possível tirar uma média desses valores consistentes e fazer o cálculo da taxa e taxa máxima de infiltração.

Figura1: Localização dos pontos de medição de infiltração



Fonte: Autores, 2019

Figura2: Água sendo colocada no infiltrômetro



Fonte: Autores, 2019

Para esse cálculo foi utilizada a equação de Horton (Equação 1) e com o auxílio do programa Excel calculou-se essas taxas em mm/h, e gerou-se gráficos para melhor visualização e comparação.

$$f = fc + (fo - fc)e^{-\beta t} \quad (1)$$

Onde:

- f = capacidade de infiltração no tempo t (mm/h)
- fo = capacidade de infiltração inicial no tempo $t=0$ (mm/h)
- fc = capacidade de infiltração final t (mm/h)
- β = constante para cada curva (h^{-1})
- t = tempo (h)

2.DIMENSIONAMENTO DO TANQUE SÉPTICO

Tanque séptico é um local isolado, que tem por objetivo deter efluentes domésticos em um período de tempo pré-estabelecido, sendo este entre 12 a 24 horas, a depender da quantidade de afluente a ser direcionada ao tanque. Deste modo, os sólidos provenientes do efluente irão sedimentar e permanecer armazenados, formando lodo, permitindo assim sua digestão. Portanto, seu dimensionamento é dado do seguinte modo:

$$V = 1000 + N(C * T + K * Lf) \quad (2)$$

Onde:

- V = Volume útil (L);
- N = número de pessoas de contribuição
- C = contribuição de despejos, em litro/pessoa x dia (Disposto na Tabela 1 da ABNT-NBR 7.229/1993)
- T = período de detenção, em dias (Disposto na Tabela 2 da ABNT-NBR 7.229/1993)
- K = taxa de acumulação de lodo digerido em dias, equivalente ao tempo de acumulação do lodo fresco (Disposto na Tabela 3 da ABNT-NBR 7.229/1993)
- Lf = contribuição de lodo fresco, em litro/pessoa x dia (Disposto na Tabela 1 da ABNT-NBR 7.229/1993)

3.DIMENSIONAMENTO DO FILTRO ANAERÓBIO

O filtro anaeróbio é o tratamento mais adequado para efluentes oriundos de um tanque séptico, devido à baixa carga orgânica e pequena concentração de sólidos em suspensão. As britas presentes dentro do filtro anaeróbio serão responsáveis pela redução da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) em detrimento da retenção das bactérias anaeróbios. Assim sendo, para que seja feito o dimensionamento do filtro anaeróbio, de modo que, este proporcione uma boa eficiência no tratamento do efluente, são utilizadas as equações abaixo:

$$V = 1,60 * N * C * T \quad (3)$$

$$S \frac{V}{1,8} \quad (4)$$

Onde:

- V = volume útil, em litros;
- N = número de contribuintes;
- C = Contribuição de despejos, em litros/pessoa; T = Tempo de detenção hidráulica, em dias.
- S = Área da seção horizontal em m^2

4.DIMENSIONAMENTO DO SUMIDOURO

O sumidouro é responsável pela disposição final do tanque séptico antes do efluente ser direcionado a algum corpo hídrico. Estes devem estar posicionados a, no mínimo, 1,50 m do nível máximo de um aquífero, caso haja. Para o cálculo da área do sumidouro é necessário da vazão de efluente (Ve) que foi estimado pela equação abaixo, sendo consumidor tipo Escola de Nível Superior:

Onde:

$$\text{consumo} \left(\frac{m^3}{\text{mês}} \right) = (0,03 * Ac) + (0,7 * nf) + (0,8 * nb) + 50 \quad (5)$$

Ac = a área do prédio do Deam (obtida pelo Google Maps);

nf= o número de pessoas (alunos, professores e funcionários) que frequentam em média o departamento por dia.

nb = o número de sanitários no Deam (6 sanitários).

$$\text{consumo} = \frac{V_e}{C_i} \quad (6)$$

Onde:

Ve = volume de efluente (L/dia); Af = Área de infiltração em m²; Ci = coeficiente de infiltração.

Para calcular a profundidade do sumidouro, foi adotado a forma cilíndrica com 1,50 m de diâmetro, deste modo, tem-se a seguinte fórmula:

$$Af = \pi \times D \times h \quad (7)$$

$$h = \frac{Af}{\pi \times D} \quad (7.1)$$

4.RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1.TESTE DE INFILTRAÇÃO

Para os pontos 1 e 2, a água colocada até completar a área interna do cilindro, infiltrava totalmente em 6 minutos e 5 minutos, respectivamente. No ponto 3, em oito minutos a água infiltrava totalmente. Assim, precisou-se repor água quatro vezes no terceiro ponto, enquanto que nos outros pontos foi necessário repor cinco e seis vezes.

Os resultados obtidos para os pontos 1, 2 e 3 (tabela 1) refletem a composição do solo, as características da vegetação rasteira que compõe a área, a proximidade com estruturas prediais, dentre outros fatores que podem ser analisados através de um estudo mais minucioso.

Tabela 1: Resultados de taxa e taxa máxima de infiltração.

	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
Taxa de infiltração	368,2 mm/h	575,7 mm/h	854,53 mm/h
Capacidade máxima de infiltração	422,55 mm/h	1159,6 mm/h	1223,25 mm/h

Os maiores valores da taxa e da capacidade máxima de infiltração (854,53 mm/h e 1223,25 mm/h respectivamente) foram encontrados no ponto 3, onde será instalado o sumidouro, seguido do ponto 2 (575,7 mm/h e 1159,6 mm/h) e 1 (368,2 mm/h e 422,55 mm/h). Isso indica que o solo deste ponto tem maior teor de areia, com maior presença de macroporos, menor índice de cobertura vegetal e maior distanciamento das estruturas prediais (recebendo maior taxa de incidência solar e diminuindo a umidade do solo), o que facilitou a infiltração da água.

4.2 DIMENSIONAMENTO DO TANQUE SÉPTICO

O número de pessoas que contribuem diariamente para a geração de efluentes no departamento em questão foi estimado em 45 pessoas. Levou-se em conta o número de estudantes ativos que frequentam o departamento e o

número de funcionários. De acordo com as tabelas presentes no manual da Funasa, foi admitida a contribuição diária de esgoto para edifícios públicos ou comerciais de 50 pessoa/litros e a contribuição de lodo fresco de 0,2 pessoa/litros. O período de detenção dos despejos foi o de 0,92 dias, considerando que o departamento funciona menos de 12 horas por dia. A taxa de acumulação total de lodo utilizada foi de 217, considerando intervalo entre limpeza de 5 anos e temperatura do local ser acima de 20°C.

Dessa forma, o volume útil para o tanque séptico deve ser de 5.023 litros ou 5,023 m³, que corresponde ao espaço interno mínimo necessário para que haja o correto funcionamento do tanque. Para a determinação da sua profundidade, foi utilizado como base na Tabela 4 da NBR 7.229/1993, que determina uma profundidade útil máxima (medida entre o nível mínimo de saída do efluente e a base do tanque) de 2,2 metros para volume útil de até 6 m³.

Considerando o volume e a profundidade, determina-se o diâmetro a seguir:

$$D = 2 * \sqrt{\frac{V}{h * \pi}} \rightarrow D = 1,705m$$

Assim, as dimensões do tanque séptico circular a ser instalado no DEAM serão de diâmetro interno de 1,71 m e profundidade útil de 2,2 m. A profundidade total utilizada, que considera o espaço para os gases que são liberados durante as reações e a digestão da espuma, é determinada pela profundidade útil mais 15 cm, totalizando 2,35 metros.

4.3 DIMENSIONAMENTO DO FILTRO ANAERÓBICO

Para o cálculo do volume útil do filtro anaeróbico utilizou-se os mesmos valores das constantes encontradas no tanque séptico, aplicados na Equação (3), encontrando assim, um volume de 3312 litros (3,312 m³).

$$V = 1,60 * 45 * 50 * 0,5 \rightarrow V = 3312 L$$

A área da seção horizontal a ser considerada é calculada através da Equação (4), resultando em um valor de 1,84 m². O tanque utilizado terá formato cilíndrico.

A altura interna total (H) do tanque é obtida considerando a altura total do leito filtrante (h), altura da calha coletora (h1) e altura do vão livre (h2). O leito filtrante deve ser composto de brita, e sua altura (incluindo fundo falso) é de 1,20 metros. Deve-se levar em conta também, a perda de carga hidrostática, sendo seu valor mínimo de 1 kPa ou 0,1 m. Sendo assim, o nível de saída do efluente deve estar 0,1 m abaixo do nível de saída do tanque séptico. As considerações e valores adotados neste trabalho seguem o Manual de Saneamento da Funasa e a NBR 13.969/1997 que dispõe sobre os filtros.

4.4 DIMENSIONAMENTO DO SUMIDOURO

Para o dimensionamento do sumidouro foi necessário do tempo dado em minutos por centímetros de descida. A taxa de infiltração (f) foi obtida pelo método de Horton que é dado em (mm/h) e convertemos para (min/cm). Assim, o valor da taxa de infiltração é f= 0,9595 cm/min. O cálculo é dado pela equação abaixo:

$$t \left(\frac{\text{min}}{\text{cm}} \right) = \frac{1}{f} \rightarrow t \left(\frac{\text{min}}{\text{cm}} \right) = 1,04 \quad (8)$$

Onde:

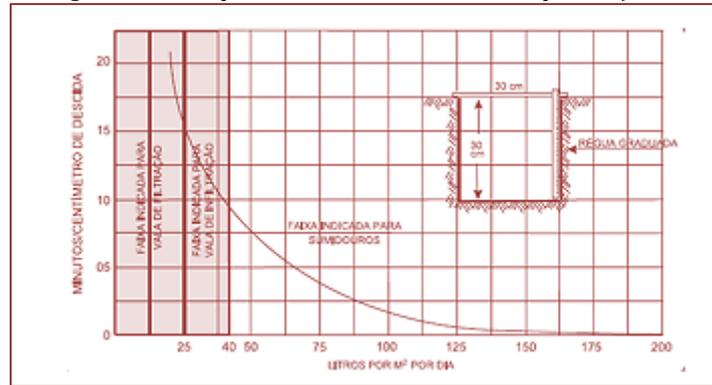
t = tempo(min/cm);

f = taxa de infiltração dado em cm/min.

Tendo o tempo calculado, analisada a (Figura 3), identificamos o ponto do valor de t no eixo das ordenadas e traçamos uma perpendicular seguindo até a curva, e descemos

perpendicularmente ao eixo das abcissas, encontrando, assim, aproximadamente o valor de Ci (coeficiente de percolação). Este valor, desta forma, foi de Ci = 125 L/m².dia.

Figura3: Gráfico para determinar coeficiente de percolação



Fonte: FUNASA, 2019

O cálculo da área do sumidouro depende da vazão de efluente (V_e) que foi estimado pela Equação 5:

$$\text{consumo} \left(\frac{m^3}{\text{mês}} \right) = 3,064$$

Transformando a unidade para litros/dia temos o valor de V_e (litros/dia) = 3064. Tendo este valor e o valor do coeficiente de percolação (C_i), podemos, finalmente, calcular a área (A_f) e a profundidade do sumidouro de forma cilíndrica com diâmetro de 1,50 m.

$$A_f = \frac{V_e}{C_i} \rightarrow A_f = \frac{3064}{125} \rightarrow A_f = 24,5m^2$$

$$A_f = \pi * D * h \rightarrow h = 5,2m^2$$

Onde:

A_f = área da superfície do sumidouro; D = diâmetro;

h = altura.

Assim, para o dimensionamento de um sumidouro de forma cilíndrica de 1,50 m de diâmetro, com uma vazão de efluente de 3064 litros/dia e tendo um coeficiente de percolação de 125 L/m².dia, chega-se a uma altura de 5,2 m para suportar a carga de efluentes gerado no DEAM.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do método de Hills adaptado por Guerra, foi possível extrair o fluxo de infiltração dos pontos utilizando os dados na equação de Horton. Esses dados foram

fundamentais para conhecer melhor a área onde será construída o sistema de tratamento de esgotos. Mostrou-se, através do cálculo do coeficiente de infiltração ($C_i = 125L/dia$) que a área é composta por areia bem selecionada e limpa, variando a areia grossa com cascalho, e que o ponto 3, mais distante da edificação, do departamento, é a área de maior capacidade de infiltração (1223,25 mm/h). Assim, a área torna-se mais propícia para a instalação do sumidouro, uma vez que será capaz de absorver o volume despejado sem transbordá-lo. Entretanto, não foi analisado se há ou não aquíferos na região, já que, de acordo com a norma, caso haja, é necessário que a instalação esteja há 1,5 m de altura do nível freático. Sugere-se estudo complementar para verificação do nível d'água do local antes da construção do sistema de tratamento de esgoto.

REFERÊNCIAS

- [1] Associação Brasileira de Normas Técnicas. Projeto, construção e operação de sistema de tanques sépticos - NBR 7229. Rio de Janeiro, 1993.
- [2] Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13969: Tanques sépticos -
- [3] Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, p. 60. 1997.
- [4] Brasil. Fundação Nacional de Saúde - Funasa. Manual de saneamento. 3. ed. rev. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2004. 408 p. ISBN: 85-7346-045-8
- [5] Fagundes, R. M.; Scherer, M. J. Sistemas Alternativos para o Tratamento local dos Efluentes Sanitários. Disc. Scientia. Série: Ciências Naturais e Tecnológicas, v. 10, n. 1, p. 53- 65, 2009.
- [6] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Censo 2010.
- [7] Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/noticias-censo.html?busca=1&id=1&idnoticia=1691&t=pnsb-2008-abastecimento-agua-chega-99-4-municipios-coleta-lixo-100-rede&view=noticia>>. Acesso em: 02 abr. 2019.
- [8] Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento
- [9] Ambiental. Transversal: Saneamento Básico Integrado às Comunidades Rurais e Populações Tradicionais: Guia Do Profissional Em Treinamento Nível 2. Brasília: Ministério das Cidades, 2009. 88 p.

Capítulo 3

Aplicação de coagulantes orgânicos catiônicos sintetizados por indução de micro-ondas para o tratamento de efluentes industriais

Janna Nayad de Souza Castro

Elaine Angélica Múndin Ribeiro

Ana Gabriela Tomé Alves

Guimes Rodrigues Filho

Sheila Cristina Canobre

Fábio Augusto do Amaral

Resumo: O emprego de coagulantes inorgânicos no tratamento das águas residuárias pode estar diretamente relacionado a problemas de saúde pública. A alta permanência nos corpos hídricos destes compostos, devido a sua não-biodegradabilidade, nos move a busca por alternativa a estes compostos. A substituição dos coagulantes inorgânicos por orgânicos de fontes renováveis na etapa de coagulação do tratamento físico-químico de efluentes, é uma alternativa promissora, visto que os polímeros catiônicos testados – Taninos e Hemiceluloses catiônicas (HC) - promoveram a coagulação e, resultaram em eficiências na remoção da turbidez dos efluentes de indústria alimentícia superiores a 60%. Quando aplicados de forma associada (HCs e Taninos), promoveram aumentos significativos na eficiência de remoção de turbidez em relação ao uso individual, indicando maior eficácia no processo de coagulação, sendo que as HCs sintetizadas por micro-ondas apresentam vantagens em seu processo produtivo referente a tempo de síntese e quantidades de reagentes.

Palavras-chave: Tratamento de efluentes; Coagulantes orgânicos; Síntese por micro-ondas.

INTRODUÇÃO

A dependência dos recursos hídricos nas atividades industriais, influencia na degradação direta dos cursos d'água, principalmente na geração de efluentes líquidos, que apresentam elevada carga orgânica, e alta toxicidade em sua composição (ALMEIDA et al., 2004; BRITTO & RANGEL, 2008). Portanto, deve ser adotada uma rota de tratamento dos efluentes industriais visando redução dos danos ambientais, que comprometem todo o ciclo biogeoquímico da água (ROCHA et al., 2009; LOPES et al., 2019).

No tratamento de efluentes, a eficiência da etapa de coagulação é imprescindível, pois ocorre em virtude do mecanismo de interação entre as partículas do efluente e o coagulante, resultando na formação dos flocos (FLEER, 2010). Os coagulantes mais utilizados são inorgânicos – sulfato de alumínio e cloreto férrico – e estes demandam altas concentrações quando empregados no tratamento de efluentes, geram alto volume de lodo residual, são muito sensíveis ao pH, não coagulam partículas muito finas, e são compostos por metais, o que pode ocasionar danos ao sistema nervoso dos animais (SALEEM & BACHMANN, 2019).

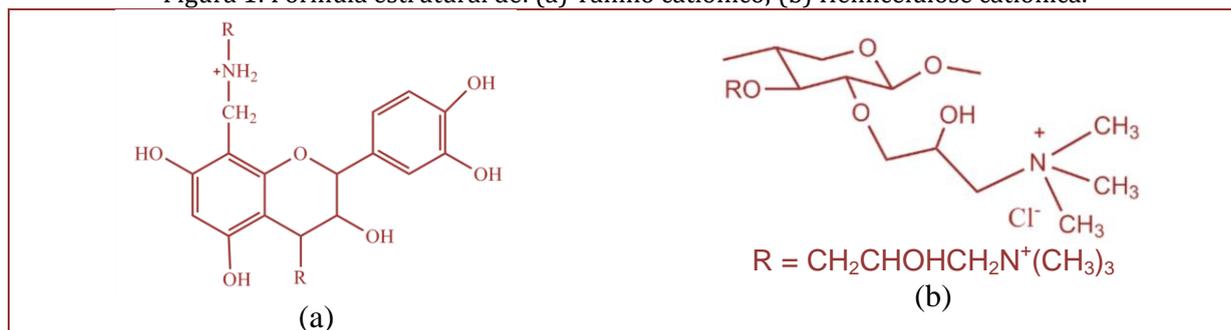
Pensando na problemática acima citada, têm sido desenvolvidos polímeros orgânicos (amido, celulose, taninos, hemiceluloses e seus derivados) para serem empregados na etapa de separação sólido-líquido no tratamento de efluentes. Estes consistem em polímeros naturais que podem substituir completamente o uso dos coagulantes inorgânicos (CHOY et al., 2016).

O uso de polímeros catiônicos orgânicos sintetizados de produtos naturais, como o tanino catiônico (Figura 1a) extraído da acácia negra tem sido investigado como alternativa para os coagulantes inorgânicos. Sua principal atuação, é atribuída a desestabilização dos colóides em suspensão - no efluente, por meio da neutralização das cargas resultando na formação de microflocos, realizando o processo de coagulação (MANGRICH et al., 2014; LOPES et al., 2019).

Na busca por outros coagulantes orgânicos, avaliam-se os polissacarídeos, por serem relativamente estáveis ao cisalhamento e também biodegradáveis (BOLTO & GREGORY, 2007). As hemiceluloses são o segundo grupo de polissacarídeos em maior abundância na natureza e apresentam alto potencial químico reacional. Em seu estado natural, as hemiceluloses são consideradas como sendo de estrutura não-cristalina e polímeros de baixa massa molecular com grau de polimerização que pode variar de 80 a 200 (RIBEIRO et al., 2017a). O caráter amorfo e a baixa massa molecular permitem que as hemiceluloses apresentem maior acessibilidade da cadeia polimérica devido às cadeias laterais em sua estrutura, o que confere conformação espacial menos impedida para reações químicas e, conseqüentemente maior reatividade química.

Um resíduo de biomassa promissor à extração de hemiceluloses é a casca de amendoim, visto que contém uma porcentagem que pode variar de 10 a 20% em peso de hemicelulose, com quantidades de hidroxilas ativas que podem ser utilizadas para modificação química (RIBEIRO, 2017a; GONG et al., 2005). A quaternização da HC extraída da casca do amendoim fornece uma estrutura também catiônica, que a torna promissora para a utilização como coagulante. A síntese de hemiceluloses catiônicas (HC) (Figura 1b) pode ser realizada por meio da reação de hemiceluloses com reagentes que possuem grupo amina, como o reagente comercial cloreto de 2,3-epoxipropiltrimetilamônio (ETA), que resulta na quaternização do polissacarídeo (RIBEIRO et al., 2017a).

Figura 1: Fórmula estrutural de: (a) Tanino catiônico; (b) Hemicelulose catiônica.



Fonte: (a) Adaptado de TANAC (2003) e LAMB & DECUSATI (2002); (b) LANDIM et al. (2013).

Nos últimos anos, as sínteses assistidas por micro-ondas têm atraído grande atenção quando comparada aos métodos de aquecimento convencionais visto que apresentam vantagens significativas de economia de energia, alta conversão, rapidez, e diminuição das reações paralelas do meio reacional, apresentando reações completas em minutos, vis à vis, às horas e dias necessárias pelo uso dos métodos convencionais. Além das vantagens em relação ao tempo de reação e economia de reagentes, é sabido que as micro-ondas não modificam a estrutura das moléculas, sendo que a absorção de micro-ondas realiza a excitação puramente cinética das moléculas (DUARTE et al., 2010; CASTRO, 2018).

OBJETIVOS

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi investigar a eficiência da hemicelulose catiônica (HC) produzidas por indução por micro-ondas associada ao tanino catiônico para tratamento de efluente de indústria alimentícia. Comparar com a eficiência de tratamentos realizados com hemiceluloses catiônicas convencionais (HCC), produzidas por método descrito por Ribeiro et al. (2017b).

MATERIAL E MÉTODOS

→ Obtenção de hemiceluloses a partir das cascas de amendoim:

A obtenção das hemiceluloses naturais a partir da casca do amendoim ocorreu em duas etapas, a primeira consiste na realização do método de clorito ácido para a eliminação da lignina e obtenção da holocelulose que é constituída de celulosas e hemiceluloses, segundo procedimento descrito por Vieira et al. (2007). A segunda etapa consistiu na separação da celulose e hemiceluloses utilizando hidróxido de sódio (NaOH) na concentração de 17,5%, segundo metodologia adaptada de Morais et al. (2010).

→ Síntese de hemiceluloses catiônicas pelo método convencional (HCC)

A síntese das hemiceluloses catiônicas pelo método convencional (HCC) foi realizada segundo descrito por Ribeiro et al. (2017b), no qual as hemiceluloses foram colocadas em meio básico de NaOH na presença do agente cationizante, ETA (na proporção de 3 de ETA/OH hidroxila das hemiceluloses, considerando unidades de xilose para as hemiceluloses, portanto, 2 mol de OH para 1 mol de xilose), no qual a reação total tem duração de aproximadamente 7 horas. Ao final, o meio foi resfriado, neutralizado com HCl e o produto da síntese foi precipitado com etanol 98%.

→ Síntese das hemiceluloses catiônicas por indução de micro-ondas (HCM)

A síntese da hemicelulose catiônica por indução de micro-ondas (HCM) foi realizada utilizando as hemiceluloses solubilizadas provenientes da extração, contendo em média $0,80 \pm 0,10$ g de hemiceluloses, 30 mL de H₂O e 6 g de NaOH. Posteriormente, a solução resultante foi aquecida duas vezes em micro-ondas por 10 segundos, com agitação manual após cada aquecimento, a fim de solubilizar as hemiceluloses, e promover o meio básico para a reação. Após o aquecimento, 0,34 mL do agente cationizante cloreto de 2,3- epoxipropiltrimetilamônio (ETA) foi adicionado e a mistura foi aquecida novamente 4 vezes em intervalos de 15 segundos com agitação manual entre os aquecimentos. Ao final, o meio reacional foi resfriado, a solução foi neutralizada com HCl e as HC foram precipitadas com etanol 98% e, por fim, filtradas em funil de placa porosa. As HC obtidas foram redissolvidas e re-precipitadas novamente a fim de retirar sais que, por ventura, ainda estivessem presentes (CASTRO, 2018).

Aplicação dos coagulantes orgânicos no tratamento de efluentes

O tratamento de efluentes foi realizado utilizando HC em meios ácido e neutro e Tanino Catiônico adicionados de forma individual e associado.

Para se obter as ditas HC ácidas e neutras, foram preparadas soluções compostas de 5 mL (H₂O)/1,5 g (HC), para as denominadas aqui como HC neutra, e 5 mL (HCl 2,5% v/v)/1,5 g (HC), para as denominadas aqui como HC ácida, tanto para as HC convencionais, quanto para as HC sintetizadas por micro-ondas.

Inicialmente, foi estudado o pH inicial do tratamento, nesta etapa foi avaliada a formação de flocos para diferentes pHs iniciais de tratamento. A atuação de todos os coagulantes em meio neutro (Tanino catiônico, HCC neutra e HCM neutra) foi testada em pH 3, 5 que é pH do efluente bruto em pHs 8 e 11. E assim, foi determinado o pH inicial do tratamento, para os demais testes.

Os ensaios de tratamento foram realizados utilizando os coagulantes: Tanino Catiônico; HCC neutra; HCM neutra; HCC ácida; e HCM ácida.

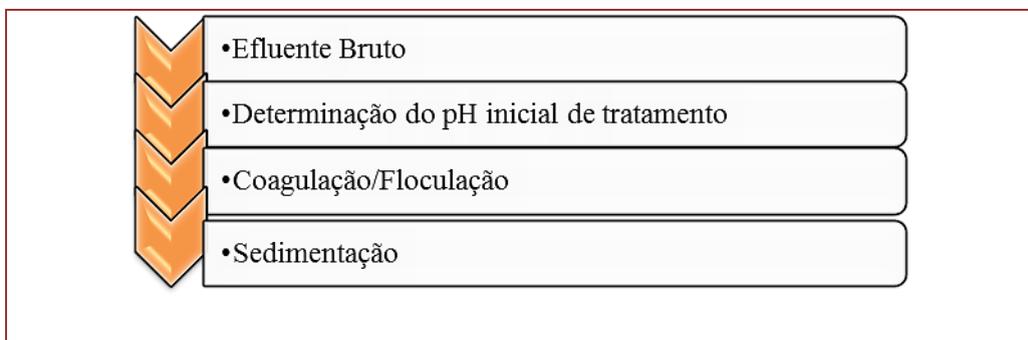
A aplicação dos coagulantes foi testada de forma associada em proporção de 25% de solução de HC para 75% de solução de Tanino Catiônico (HCC+Tanino, e HCM+Tanino) tanto para as HC em meio neutro, quanto para as HC em meio ácido, no pH inicial de tratamento definido na etapa anterior.

Após a etapa de coagulação, os efluentes tratados foram dispostos em cones Imhoff® durante 30 minutos para avaliação da eficiência de remoção de turbidez e volume de lodo.

A eficiência na remoção de turbidez foi calculada de acordo com a Equação 1, no qual a turbidez inicial refere-se a turbidez antes da realização do tratamento, e a turbidez final, refere-se a turbidez obtida após o tratamento. O tratamento foi realizado segundo rota descrita na Figura 2.

$$\text{Eficiência na Remoção de Turbidez (\%)} = \left(\frac{\text{Turbidez inicial} - \text{Turbidez final}}{\text{Turbidez inicial}} \right) \times 100 \quad (\text{Eq. 1})$$

Figura 2: Representação da Rota de Tratamento Proposta para o tratamento de efluente industrial.

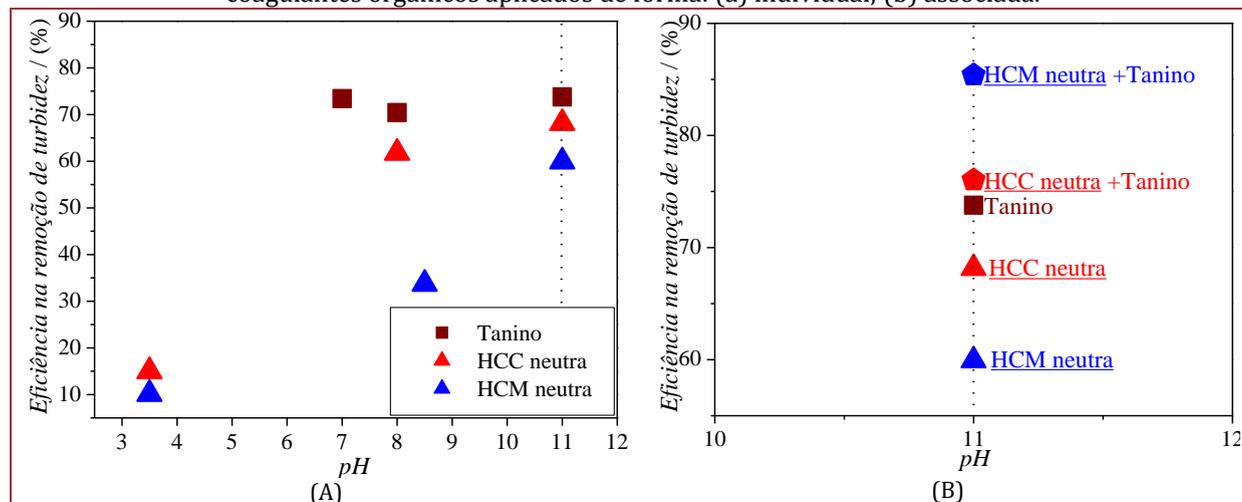


RESULTADOS E DISCUSSÃO

APLICAÇÃO DOS COAGULANTES ORGÂNICOS NO TRATAMENTO DE EFLUENTES

O objetivo inicial, foi de avaliar o pH inicial de tratamento para aplicação dos polímeros catiônicos individualmente (Figura 3a), tendo como base os pHs de coagulação utilizados em estudos anteriores realizados pelo grupo de trabalho, e como mostrado no gráfico, os resultados mais efetivos de eficiência se apresentaram no pH 11. Neste pH 11, observa-se uma porcentagem de remoção de HCM neutra em torno de 60% e no pH 8 embora ambos Tanino e HCC neutra tenham obtido uma remoção de turbidez na faixa de 60 a 80%, a HCM neutra obteve apenas 35%, então escolheu-se o pH de 11 para analisar a eficácia dos coagulantes quando estão associados. Como, as maiores remoções de turbidez ocorreram em pH 11, para todos os coagulantes em relação às demais faixas, determinando assim o pH inicial do tratamento físico-químico dos efluentes. A eficiência da remoção de turbidez relacionada às associações dos polímeros catiônicos Tanino, HC convencional e HC sintetizadas por micro-ondas (HCs solubilizadas em meio neutro) é apresentada na Figura 3 (b).

Figura 3: Eficiência na remoção de turbidez em função do pH inicial de tratamento para adição dos dois coagulantes orgânicos aplicados de forma: (a) individual; (b) associada.



A Figura 3a, apresenta os coagulantes catiônicos aplicados separadamente, de acordo com as faixas do pH inicial do tratamento sem aplicada no pH 3,5 que é o pH inicial do efluente bruto, e nos pHs 8 e 11, para atingir tais pHs foi utilizada uma solução de NaOH. As maiores remoções de turbidez ocorreram em pH 11, para todos os coagulantes em relação às demais faixas, determinando assim o pH inicial do tratamento físico-químico dos efluentes.

Então, definido o pH ideal de alcalinização (pH 11), foi avaliada então a eficiência de remoção de turbidez entre as diferentes associações entre os polímeros catiônicos em comparativo a aplicação destes polímeros individualmente.

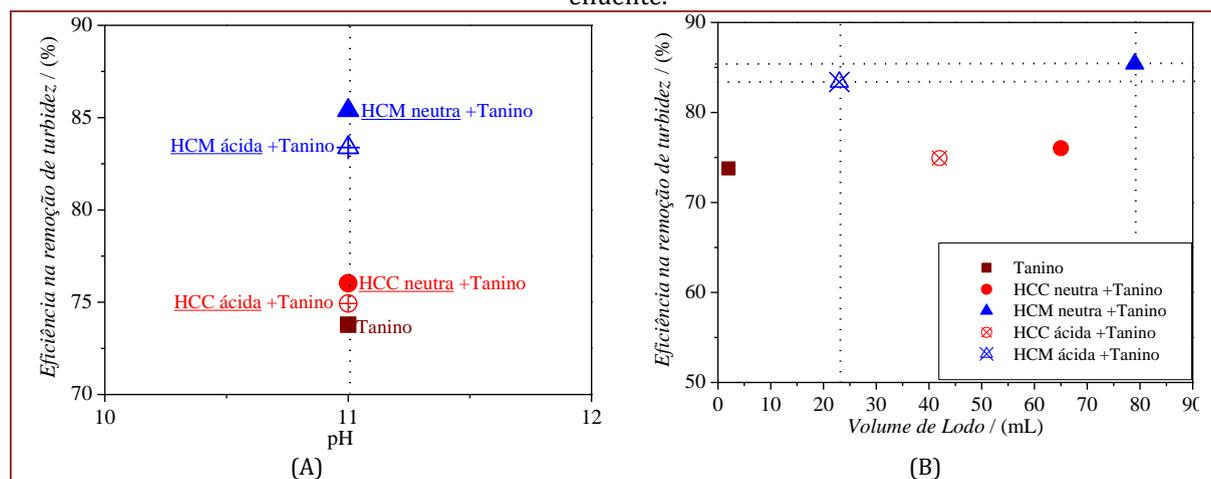
A associação entre HC sintetizadas pelo método convencional e Tanino catiônico (HCC neutra + Tanino), resultou em 76% de eficiência na remoção da turbidez inicial (Figura 3b), e demonstrou um aumento de aproximadamente 7% quando comparada a atuação das HCC neutra individualmente, e de aproximadamente 3% quando comparada a atuação do Tanino catiônico individualmente.

As HC sintetizadas por indução de micro-ondas associadas ao Tanino catiônico (HCM neutra + Tanino) promoveram 86% de eficiência na remoção de turbidez (Figura 3b) dos efluentes industriais e, resultaram em um aumento de aproximadamente 26% quando comparada a atuação das HCM neutra individualmente e, de aproximadamente 13% quando comparada a atuação do Tanino catiônico individualmente.

A eficiência de HCM neutra + Tanino foi significativamente superior à eficiência dos demais polímeros catiônicos aplicados individualmente e, em associação. Desta modo, HC sintetizadas por indução de micro-ondas associadas ao Tanino catiônico tiveram um aumento na redução do índice de turbidez quando comparado com aquelas submetidas ao tratamento convencional. Além da vantagem da síntese da hemicelulose catiônica no microondas demandar um tempo de síntese significativamente menor e com um menor custo quando comparado com aquela pelo método convencional, a qual necessita de um tempo demasiado grande para completar a reação e cujo rendimento é extremamente.

A partir da Figura 3b foi possível observar que a associação dos coagulantes ocasionou aumentos na eficiência de remoção da turbidez do efluente, quando comparadas a aplicação dos polímeros catiônicos individualmente. Com base nisto, foi testada a aplicação dos coagulantes associados para as HCs solubilizadas em meio ácido (Figura 4a). Foram avaliados também os volumes de lodo para cada tratamento de modo a estabelecer uma relação com a eficiência da remoção de turbidez (Figura 4b).

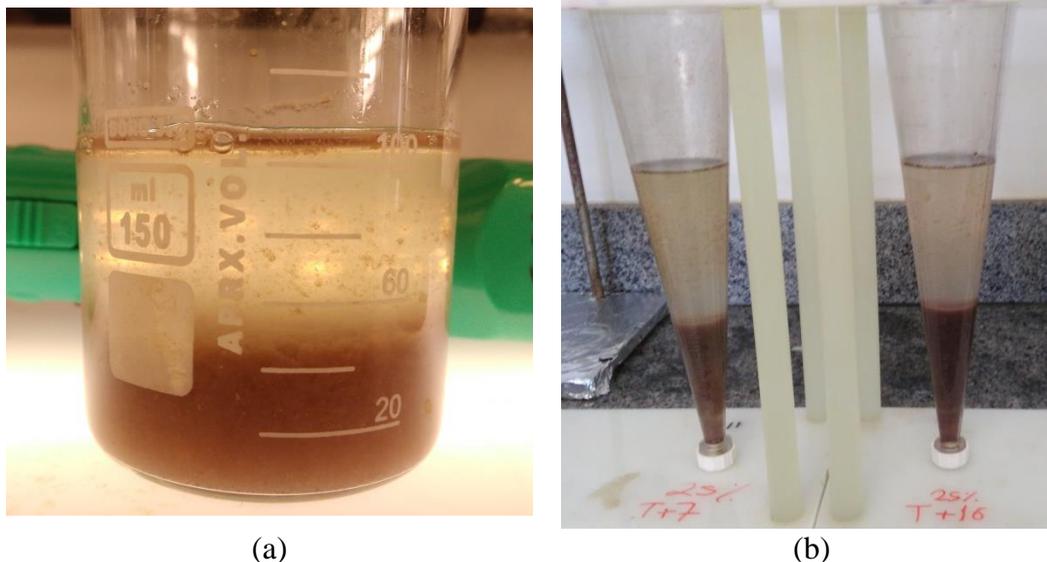
Figura 4: Eficiência na remoção de turbidez em função do: (a) pH de alcalinização para adição dos dois coagulantes orgânicos associados; (b) volume de lodo residual após os tratamentos físico-químicos do efluente.



A Figura 4 estabelece um comparativo entre as soluções de solubilização das HC associadas ao Tanino Catiônico. Apontando para o aumento na eficiência que a associação promove na remoção da turbidez residual dos efluentes. Destaca-se que as HCM + Tanino (neutras e ácidas), por apresentarem aumento de aproximadamente 13% de eficiência na remoção da turbidez, e que as HCs solubilizadas em meio neutro obtiveram valores de eficiência mais significantes que as HCs solubilizadas em meio ácido. Assim como é mostrado na Figura 4b as maiores eficiências de remoção de turbidez também apontaram altos volumes de lodo residual, o que de acordo com RIBEIRO (2018) não é o ideal para esta etapa de tratamento de efluentes.

A Figura 5 apresenta os aspectos visuais dos flocos formados no efluente após a etapa de coagulação. Onde é possível observar a distinção dos flocos (a), e os volumes de lodo residual (b).

Figura 5: Aspectos visuais após a aplicação de Taninos catiônicos associados à HCs sintetizadas por indução de micro-ondas: (a) após a aplicação; (b) após 30 minutos de sedimentação no cone *Imhoff*®.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do atual cenário de uso dos coagulantes inorgânicos, como é o caso do Sulfato de Alumínio, e sua ligação direta com problemas de saúde pública, além da alta permanência nos corpos hídricos resultado da não-biodegradabilidade, a aplicação de coagulantes orgânicos no processo de coagulação é uma alternativa que de acordo com este trabalho se mostrou eficiente para a etapa de coagulação no tratamento físico-químico de efluentes.

Todos os polímeros catiônicos testados (Tanino, HCC, e HCM) promoveram formação de flocos na etapa de coagulação e, resultaram em eficiências superiores a 60% na remoção da turbidez dos efluentes de indústria alimentícia. As HCC e HCM solubilizadas em meio ácido não promoveram coagulação do efluente, demonstrando que o meio neutro proporciona melhor atuação individual das HCs no processo de coagulação dos efluentes. A eficiência na remoção da turbidez almejada foi alcançada, entretanto ainda é necessário estabelecer rotas de tratamento que visem a diminuição do volume de lodo.

Quando aplicados de forma associada, os Taninos e HC's – tanto em meio neutro quanto no meio ácido - promoveram aumentos significativos na eficiência de remoção da turbidez residual, indicando maior eficácia no processo de coagulação. As HCM+Tanino apresentaram o maior valor de eficiência sendo que as HCM solubilizadas em meio neutro apresentaram maior eficiência, além disso, a síntese por micro-ondas apresenta vantagens em seu processo produtivo quando comparadas com a HCC, visto que demandam menor tempo de síntese, e menores quantidades de reagentes.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Universidade Federal de Uberlândia, pela infraestrutura oferecida e disponibilidade de recursos, ao CNPq, à CAPES, à FAPEMIG (processos números: APQ02249-14 e APQ-03219-14) e à Rede Mineira de Química (RQ-MG) pelas bolsas e auxílios financeiros concedidos e ao Laboratório de Armazenamento de Energia e Tratamento de Efluente (LAETE/UFU) pela disponibilidade do espaço físico concedido para a realização das atividades.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ALMEIDA, E.; ASSALIN, M. R.; RODA, M. A.; DURÁN, N. Tratamento de efluentes industriais por processos oxidativos na presença de ozônio. *Química Nova*, v. 27, p. 818-824, 2004.
- [2] BRITO, J. M. & RANGEL, M. C. Processos avançados de oxidação de compostos fenólicos em efluentes industriais. *Química Nova*, v. 31, p.114-122, 2008.
- [3] BONGIOVANI, M. C.; KONRADT-MORAES, L. C.; BERGAMASCO, R.; LOURENÇO, B.S. S.; TAVARES, C. R. G. Os benefícios da utilização de coagulantes naturais para a obtenção de água potável. *Acta Scientiarum Technology*, v. 32, p.167-170, 2010.
- [4] CASTRO, J. N. S.; ALVES, A.G. T.; RIBEIRO, E. A. M.; FILHO, G. R.; CANOBRE, S. C.; AMARAL, F. A. Síntese De Hemicelulose Catiônica Por Indução De Micro-Ondas Para Aplicação Em Tratamento Físico-Químico De Efluentes Industriais. 23º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, 2018.
- [5] CHOY, S. Y.; PRASAD, K. N.; WU, T, Y; RAGHUNANDAN, M.E.; RAMANAN, R. N. Performance of conventional starches as natural coagulants for turbidity removal. *Ecological Engineering*, v.94, p.352-364, 2016.
- [6] FLEER,G.J. Polymers at interfaces and in colloidal dispersions. *Advances in Colloid and Interface Science*, v.159, p.99-116, 2010.
- [7] GONG, R.; DING, Y.; LI,M.; YANG, C.; LIU, H.; SUN, Y. Utilization of powdered peanut hull as biosorbent for removal of anionic dyes from aqueous solution. *Dyes and Pigments*, v.64, p.489-493, 2005.
- [8] LAMB, L. H. & DECUSATI, O. G. Manufacturing process for quaternary ammonium tannate, a vegetable coagulating/flocculating agent. U.S. Patent 6478986 B1, 2002.
- [9] LANDIM, A. S; RODRIGUES FILHO, G; SOUSA, R. M. F.; RIBEIRO, E. A. M.; SOUZA, F. R. B.; VIEIRA, J. G.; ASSUNÇÃO, R. M. N.; CERQUEIRA, D. A. Application of cationic hemicelluloses produced from corn husk as polyelectrolytes in sewage treatment. *Polímeros*, v. 23, p. 468-472, 2013.
- [10] LOPES, E. C.; SANTOS, S. C. R.; PINTOR, A. M. A.; BOAVENTURA, R. A. R. Evaluation of a tannin-based coagulant on the decolorization of synthetic effluents. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, v.7, 2019.
- [11] MANGRICH, A. S.; DOUMER, M. E.; MALLMANN, A. S.; WOLF, C. R. Química verde no tratamento de águas: uso de coagulante derivado de tanino de *Acacia mearnsii*. *Revista Virtual de Química*, v. 6, p.2-15, 2014.
- [12] MORAIS, J. P. S, ROSA, M. F. R, MARCONCINI, J. M. Procedimentos para análise lignocelulósica, Campina Grande: EMBRAPA. v.36, 2010.
- [13] ÖZACAR, M.; SENGIL, I. A. Evaluation of tannin biopolymer as a coagulant aid for coagulation of colloidal particles. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, v.229, p.85-96, 2003.
- [14] RIBEIRO, E. A. M.; SOUZA, F. R. B.; AMARAL, F. A.; RODRIGUES FILHO, G.; SOUSA, R. M. F.; VIEIRA, J. G.; COSTA, T. F. R.; THOMPSON JUNIOR, J. P.; ASSUNÇÃO, R. M. N.; CANOBRE, S. C. Utilização de hemiceluloses catiônicas, obtidas a partir do aproveitamento da palha de milho, associadas com tanino para o tratamento de efluentes de lavanderia industrial. *Química Nova*, p.1-9, 2017a.
- [15] RIBEIRO, E. A. M.; RODRIGUES FILHO, G.; ROZENO, N. S.; NOGUEIRA, J. M.B. A.; RESENDE, M. A.; THOMPSON JUNIOR, J. P.; VIEIRA, J. G.; CANOBRE, S.C.; AMARAL, F. A. Polymeric polyelectrolytes obtained from renewable sources for biodiesel wastewater treatment by dual - flocculation. *Express Polymer Letters*, v.11, p. 506-517, 2017b.
- [16] RIBEIRO, D. B., Determinação das condições ótimas do processo de coagulação/floculação para tratamento de efluente sintético de curtume. Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul, 2018.
- [17] SALEEM, M & BACHMANN, R. T., A Contemporary review on plant-based coagulants for applications in water treatment. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, v.72, p.281-297, 2019.
- [18] ROCHA, J. C.; ROSA, A. H.; CARDOSO, A. A. Introdução à química ambiental. 2. Ed. Porto Alegre, Bookman editora, 2009.
- [19] TANAC. Manual prático para uso em estações de tratamento de águas de abastecimento. Montenegro, 2003.
- [20] VIEIRA, R. G. P.; RODRIGUES FILHO, G.; ASSUNÇÃO, R. M. N.; MEIRELES, C.S.; VIEIRA, J. G.; DE OLIVEIRA, G. S. Synthesis and characterization of methylcellulose from sugar cane bagasse cellulose. *Carbohydrate Polymers*, v. 67, p.182-189, 2007.

Capítulo 4

Tratamento de efluente utilizando a técnica de eletrofloculação com diferentes eletrodos e análise de componentes principais

Thais Fernandes Neulls

João Victor Ferreira de Souza

Rodrigo Vieira Blasques

Darlan Ferreira da Silva

Paulo Cesar Mendes Villis

Wolia Costa Gomes

Resumo: Com o crescimento demográfico, as atividades e habitações existentes próximas aos rios e lagoas estão cada vez mais poluídos. Assim, esse estudo tem como objetivo aplicar a eletro-floculação no tratamento de efluentes, avaliando a eficiência do processo pelos teores de turbidez, da demanda química de oxigênio e do pH, utilizando placas de alumínio e zinco como eletrodos de sacrifício. Para uma boa eficiência das propriedades estudadas, foi utilizado um tempo de eletrofloculação de 30 minutos com uma pequena potência elétrica. Durante o processo experimental, pôde-se observar que houve uma significativa melhora da qualidade da água nos aspectos analisados. A eficiência desse tratamento tende a resultados mais elevados com o aumento na intensidade de correntes, entretanto, as placas de alumínio e zinco reagiram de forma diferente com relação ao pH, no qual o alumínio na medida do processo, diminuía seu valor inicial, enquanto o zinco elevava esses valores, isso devido a variação dos íons, do alumínio e do zinco. Duas componentes principais foram geradas para explicar 83,00% da variância no experimento. A análise de componentes principais indicou que, ambos os eletrodos foram eficazes no tratamento do efluente, pois apresentaram boa correlação quanto aos parâmetros pH, DQO e turbidez.

Palavras-chave: Efluente; eletrofloculação; tratamento de águas; análise de componentes principais.

1. INTRODUÇÃO

A escassez de água é um problema que atinge o mundo inteiro e está relacionado com o crescimento populacional e a falta de saneamento básico adequado, onde são despejados uma grande carga de materiais orgânicos, inorgânicos e elementos tóxicos, sem nenhum tipo de tratamento, que tornam esse recurso inadequado para consumo humano. Com a problemática, a preservação dos recursos hídricos é um tema decorrente atualmente, tendo em vista a importância da água para sobrevivência das diversas espécies (Behling, 2019).

De acordo com Marques (2017), a falta de esgoto encanado, fossas negras construídas inadequadamente e a ausência da coleta de lixo, são um dos principais problemas de saneamento básico ainda persistente em várias cidades do Brasil.

A Política Nacional de Recursos Hídricos, Lei 9.433/1997, não regulamenta efluentes. Porém, tem por objetivos assegurar a necessária disponibilidade de água; gerenciar o uso racional e integrado dos recursos hídricos, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos; além da prevenção e defesa contra eventos hidrológicos críticos. O seu art. 9º estabelece que o enquadramento dos corpos d'água, em classes, deve garantir a qualidade das águas e mitigar os custos referentes ao combate à poluição, através da adoção de ações preventivas permanentes (Bandeira, 2018).

Assim, tende-se procurado soluções com baixo custo. Nesse contexto, o processo de eletrofloculação surgiu como uma alternativa aos processos de tratamento de efluentes como uma boa alternativa para tratamentos da redução da DQO (Demanda Química de Oxigênio). Este tratamento eletroquímico desestabiliza as moléculas do poluente do efluente através de uma diferença de potencial elétrico aplicado aos eletrodos de sacrifício, geralmente de ferro (Fe) ou alumínio (Al) e, como consequência, cátions são gerados pelo ânodo, reagindo com os colóides da solução tratada, flotando em forma de hidróxidos (Strate, 2014).

2. OBJETIVOS

Esse estudo tem como objetivo trazer a aplicação da eletrofloculação no tratamento de efluentes, avaliando as características de turbidez, DQO e pH durante o processo de tratamento, utilizando placas de Al (alumínio) e Zn (zinco) como eletrodos de sacrifício.

3. MATERIAL E MÉTODOS

As análises físico-químicas das amostras de efluente foram realizadas no Laboratório de Química Tecnológica da Universidade Ceuma (UNICEUMA), campus Renascença.

3.1 COLETA E ANÁLISE DO EFLUENTE

O efluente escolhido para este estudo foi coletado da laguna da Janssem, localizada em São Luis – MA. O efluente bruto foi coletado em galões de plásticos com capacidade para 10 L e analisados em até 24 h.

Os parâmetros físico-químicos turbidez, pH, temperatura e demanda química de oxigênio (DQO) foram realizados antes, durante e após os testes feitos com o efluente. As metodologias empregadas na caracterização físico-química, na preservação das amostras, no tempo de estabilização do efluente para posterior análise foram baseadas no *Standard Methods for Examination of Water & Wastewater* (APHA, 1995). Os ensaios experimentais foram realizados em triplicada, avaliando-se a variação das distâncias dos eletrodos, em relação aos efeitos nas variáveis físico-químicas.

O efluente em questão utilizado no tratamento por eletrofloculação foi retirado da laguna da Janssem, próximo as margens, onde, visualmente armazenava uma maior quantidade de dejetos sobre a água.

3.2 ELETROFLOCULAÇÃO

Os testes de eletrofloculação foram conduzidos em um reator eletrolítico de bancada com capacidade de 200 mL, com os eletrodos de sacrifício: alumínio (130 mm de altura x 70 mm de largura x 3 de espessura) ou zinco (130 mm de altura x 70 mm de largura x 3 de espessura) posicionado acima do reator e conectados a uma fonte de corrente contínua (marca Instrutherm, modelo FA 3030), como mostrado na

Figura 1. Para os testes foram utilizados dois eletrodos de mesma espécie, separados pelas distâncias de 0,5; 1,5 e 3 cm, por material não condutor de eletricidade (tubos de PVC).

Figura 1. Sistema experimental da unidade piloto para o processo de eletrofloculação.



Fonte: Autor, 2018

Para cada eletrodo foram testados os tempos de reação de 5, 10, 20 e 30 minutos. Após o processo de eletrofloculação, a água foi filtrada e transferida para garrafas plásticas para posterior análises.

3.3 ANÁLISE DO EFLUENTE BRUTO E DO EFLUENTE TRATADO

Foram realizados vários testes com os efluentes bruto e tratado, relacionando a distância entre os eletrodos e a variação nos parâmetros estudados como forma de certificar a qualidade do tratamento. As análises físico-químicas realizadas nos efluentes tratado e bruto foram: pH, turbidez, temperatura e demanda química de oxigênio (DQO).

Para medir o pH realizou-se medição instrumental utilizando pH-metro digital, marca Micronal. As análises de turbidez foram realizadas via método nefelométrico, em turbidímetro de bancada.

Para realizar as análises da DQO (Demanda Química de Oxigênio), foram pipetados 5 mL da amostra, 2,0 mL da solução catalítica e 1,0 da solução digestora e inseridos em uma cubeta, posteriormente foi levada a um digestor por duas horas a 150°C. Em seguida foi retirada e deixada em repouso por 10 minutos, após o repouso agitou-se a cubeta e retirou-se os sobrenadantes e foi realizada leitura a 620 nm no espectrofotômetro.

3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

As análises estatísticas foram realizadas usando o software Origin Pro 8. A correlação entre as variáveis e os tempos de tratamento com os eletrodos de alumínio e zinco foram conduzidas pela Análise de Componentes Principais (PCA) usando o software Minitab 17.

Para as análises físico-químicas, os resultados foram expressos em média e desvio padrão (\pm DP). A análise de variância (ANOVA) foi realizada para avaliar a diferenças entre as distâncias, os tempos de tratamento e o eletrodo utilizado no sistema experimental. O teste comparativo entre as médias foi realizado usando o teste de Tukey ($P < 0,05$).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O sistema experimental de eletrofloculação para tratamento de efluente foi constituído de dois eletrodos de alumínio e dois eletrodos de zinco, separadamente, de modo à compará-los acerca de cada material.

Na Tabela 1, são apresentados os dados de pH em relação às distâncias entre os eletrodos durante o processo de eletrofloculação.

Tabela 1. Dados experimentais do pH em relação às distâncias entre os eletrodos durante o processo de eletrofloculação.

Tr.* (min)	pH					
	Distâncias dos eletrodos (cm)			Distâncias dos eletrodos (cm)		
	0,5	1,5	3	0,5	1,5	3
	Alumínio			Zinco		
0	8,75±0,01 ^a	8,64±0,01 ^a	8,70±0,01 ^{0a}	8,75±0,01 ^a	8,63±0,01 ^b	8,71±0,01 ^c
5	7,37±0,01 ^a	7,35±0,01 ^a	6,80±0,01 ^{0b}	7,39±0,01 ^a	7,36±0,01 ^a	6,81±0,01 ^b
10	7,54±0,01 ^a	7,64±0,01 ^b	6,23±0,01 ^{0c}	7,56±0,01 ^a	7,64±0,01 ^b	6,23±0,01 ^c
20	6,57±0,01 ^a	8,00±0,01 ^b	7,45±0,00 ^{5c}	6,56±0,01 ^a	8,00±0,01 ^b	7,46±0,01 ^c
30	6,25±0,01 ^a	6,73±0,01 ^b	6,73±0,01 ^{0b}	6,26±0,01 ^a	6,73±0,01 ^b	6,73±0,01 ^b

*Tr. (Tratamento). Valores em média ± desvio padrão (n = 3). Médias seguidas pela mesma letra na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Tukey (P < 0,05).

Durante o processo de eletrofloculação ocorre liberação de hidróxido. Dos resultados apresentados, a variação das distâncias entre os eletrodos, não foi um fator que afetou diretamente o processo. O tempo de tratamento contribuiu para diminuir o pH do efluente, que variou de 8,75 a 6,25. Já as respostas para o tratamento com eletrodo de zinco, foram observados o mesmo comportamento, ou seja, diminuição do pH do meio.

Na Tabela 2, são apresentados os dados da temperatura em relação às distâncias entre os eletrodos durante o processo de eletrofloculação.

Tabela 2. Dados experimentais da temperatura em relação às distâncias entre os eletrodos durante o processo de eletrofloculação.

Tr.* (min)	Temperatura (°C)					
	Distâncias dos eletrodos (cm)			Distâncias dos eletrodos (cm)		
	0,5	1,5	3,0	0,5	1,5	3,0
	Alumínio			Zinco		
0	9,53±0,15 ^a	13,16±0,76 ^b	9,76±0,25 ^a	15,76±0,25 ^a	12,53±0,50 ^b	13,43±0,51 ^b
5	10,50±0,50 ^a	13,16±0,76 ^b	11,83±0,01 ^{ab}	16,43±0,51 ^a	13,50±0,50 ^b	15,00±1,00 ^{ab}
10	10,46±0,15 ^a	15,46±0,50 ^b	13,70±0,26 ^c	16,00±1,00 ^a	14,40±0,52 ^a	15,53±0,50 ^a
20	11,60±0,52 ^a	15,76±0,68 ^b	14,56±0,40 ^b	16,90±0,36 ^a	15,43±0,51 ^a	17,00±1,00 ^a
30	12,00±1,00 ^a	17,43±0,51 ^b	15,9±0,36 ^b	17,53±0,50 ^a	16,43±0,51 ^a	17,50±0,50 ^a

*Tr. (Tratamento). Valores em média ± desvio padrão (n = 3). Médias seguidas pela mesma letra na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Tukey (P < 0,05).

A temperatura apresenta uma influência direta no processo de eletrofloculação. A formação de microbolhas de gás hidrogênio, geradas durante os testes, ascendem mais rapidamente para a camada de espuma que se acumulam na parte superior do efluente em tratamento (Vieira e Cavalcanti, 2017; Abreu et al., 2018). Este efeito reduz a passivação dos eletrodos e gera um aumento na eficiência do processo. Em ambos os eletrodos utilizados, a temperatura do efluente apresentou uma tendência a aumentar durante o processo.

Na Tabela 3, são apresentados os dados de turbidez em relação às distâncias entre os eletrodos durante o processo de eletrofloculação.

Tabela 3. Dados experimentais da turbidez em relação às distâncias entre os eletrodos durante o processo de eletrofloculação.

Tr.* (min)	Turbidez (UNT)					
	Distâncias dos eletrodos (cm)			Distâncias dos eletrodos (cm)		
	0,5	1,5	3	0,5	1,5	3
	Alumínio			Zinco		
0	17,27±0,003 ^a	20,97±0,006 ^b	26,57±0,025 ^c	13,60±0,36 ^a	16,04±0,14 ^b	20,53±0,009 ^c
5	12,13±0,005 ^a	10,40±0,004 ^b	14,33±0,007 ^c	22,37±0,03 ^a	19,38±0,01 ^b	19,92±0,06 ^c
10	5,83±0,200 ^a	26,31±0,002 ^b	12,66±0,001 ^c	14,72±0,06 ^a	17,25±0,03 ^b	19,77±0,02 ^c
20	4,28±0,007 ^a	11,68±0,002 ^b	11,83±0,002 ^c	13,48±0,04 ^a	16,54±0,04 ^b	18,97±0,02 ^c
30	17,27±0,005 ^a	20,97±0,005 ^b	26,55±0,004 ^c	13,35±0,05 ^a	15,94±0,05 ^b	20,55±0,02 ^c

*Tr. (Tratamento). Valores em média ± desvio padrão (n = 3). Médias seguidas pela mesma letra na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Tukey (P < 0,05).

A turbidez é a leitura da intensidade da luz pela amostra estudada, que relaciona a presença de materiais particulados com a transparência do meio (Aquino Neto, Magri, Da Silva, & De Andrade, 2011). A análise da turbidez do efluente mostrou, qualitativamente, a variação da transparência da água devido a suspensão de materiais orgânicos e inorgânicos presentes. Nos ensaios realizados com o eletrodo de alumínio, pôde-se verificar, também, quantitativamente, a eficácia deste em relação ao tratamento com o eletrodo de zinco, sendo que os valores médios de turbidez em torno de 30 minutos de tratamento com o eletrodo de alumínio foram de 4 a 11 UNT, aproximadamente e, com o eletrodo de zinco em torno de 13 e 18 UNT. Na Tabela 4, são apresentados os dados da demanda química de oxigênio em relação às distâncias entre os eletrodos durante o processo de eletrofloculação.

Tabela 4. Dados experimentais da Demanda Química de Oxigênio (DQO) em relação às distâncias entre os eletrodos durante o processo de eletrofloculação.

Tr.* (min)	DQO (%)					
	Distâncias dos eletrodos (cm)			Distâncias dos eletrodos (cm)		
	0,5	1,5	3	0,5	1,5	3
	Alumínio			Zinco		
0	141,33±1,52 ^a	169,00±1,00 ^b	265,66±1,52 ^c	180,33±1,52 ^a	161,33±1,52 ^b	278,66±3,21 ^c
5	153,66±1,52 ^a	173,66±1,52 ^b	278,00±2,00 ^c	187,33±2,51 ^a	166,00±2,00 ^b	282,66±2,08 ^c
10	221,00±1,00 ^a	182,66±1,52 ^b	445,66±2,08 ^c	232,33±2,08 ^a	189,66±1,52 ^b	336,33±1,52 ^c
20	164,00±2,00 ^a	155,33±1,52 ^b	387,33±2,51 ^c	169,33±4,04 ^a	167,66±2,51 ^a	400,66±2,08 ^b
30	152,66±1,15 ^a	175,66±2,08 ^b	410,33±1,52 ^c	159,33±2,08 ^a	182,00±2,64 ^b	402,66±2,51 ^c

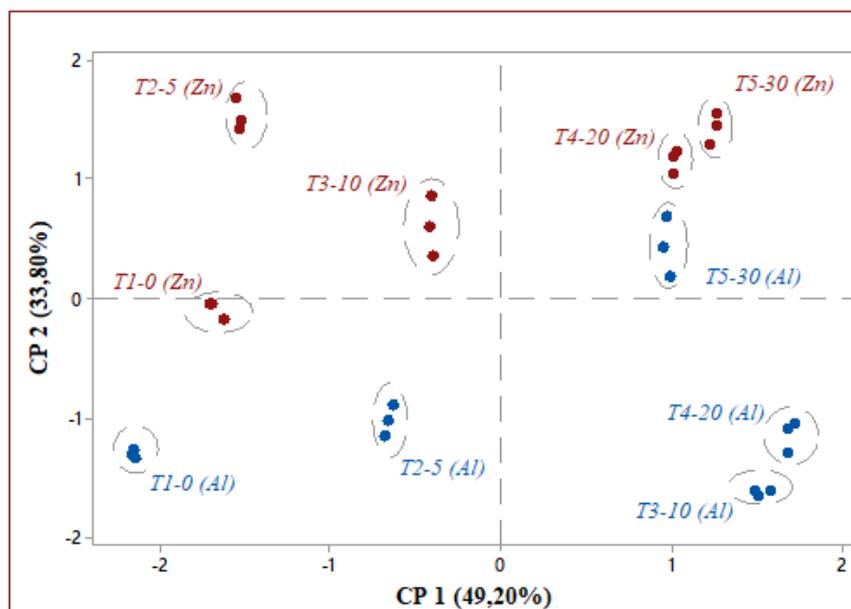
*Tr. (Tratamento). Valores em média ± desvio padrão (n = 3). Médias seguidas pela mesma letra na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo Teste de Tukey (P < 0,05).

A análise da demanda química de oxigênio avalia a qualidade de oxigênio dissolvido. É um parâmetro importante nos estudos da caracterização de águas poluídas (Bittencourt et al., 2018).

Nos ensaios realizados com os eletrodos de alumínio e de zinco, pôde-se verificar, de forma geral, que ambos os eletrodos promovem um aumento dos níveis de DQO. Os valores médios observados em torno de 30 minutos de tratamento foram de 152 a 410 %, com o eletrodo de alumínio e, de 159 a 402 % com o eletrodo de zinco.

De modo a avaliar as correlações entre todas as variáveis estudadas, a análise de componentes principais foi realizada. Da análise de componentes principais, pôde ser notado que a componente principal 1 (CP1) é a mais significativa em descrever o modelo estatístico, explicando 63,60% da variação total dos dados empregando o eletrodo de alumínio e 65,90%, empregando eletrodo de zinco. A seguir, na Figura 2, é apresentado o posicionamento dos cinco tempos de tratamento por eletrofloculação em relação aos parâmetros e eletrodos avaliados.

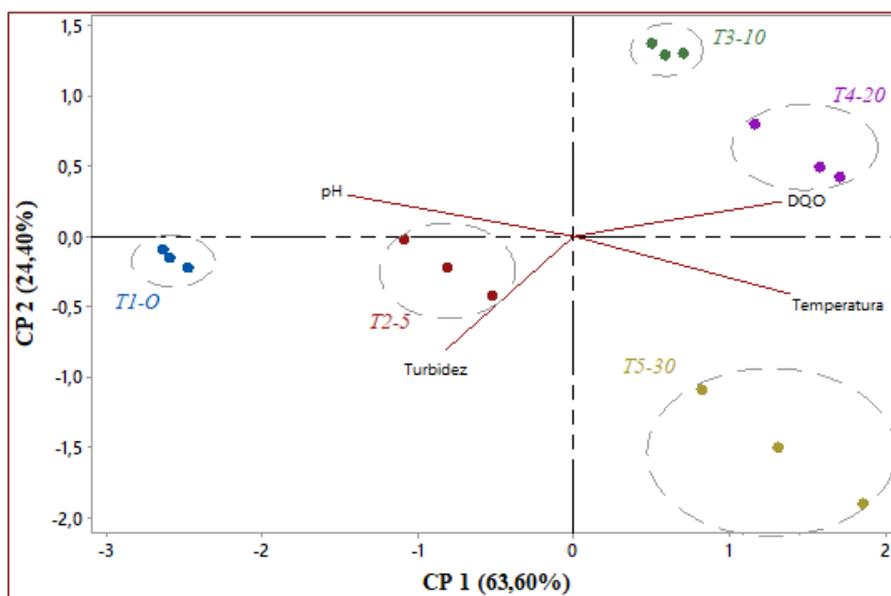
Figura 2. Posicionamento dos cinco tempos de tratamento por eletrofloculação em relação aos parâmetros e eletrodos avaliados. T1: 0 (zero); T2: 5 (cinco minutos); T3: 10 (dez minutos); T4: 20 (vinte minutos) e T5: 30 (trinta minutos). Al (eletrodo de alumínio); Zn (eletrodo de zinco).



Fonte: Autor, 2019

As duas primeiras dimensões da ACP de todos os parâmetros físico-químicos explicaram 83,00% da variância. Dez agrupamentos podem ser destacados: T1-0, T2-5, T3-10, T4-20 e T5-30, ambos para os dois eletrodos utilizados, totalizando dez pequenos agrupamentos em destaque, mostrando a distinção entre o emprego do eletrodo de alumínio e de zinco no processo de eletrofloculação. Em geral, em relação a todas as análises realizadas, todos os tempos de tratamentos testados foram diferentes entre si, já que a distância entre eles é visivelmente notada no gráfico. A seguir, na Figura 3, é apresentada a análise de componentes principais (ACP) para os tempos de tratamento e os parâmetros avaliados empregando o eletrodo de alumínio.

Figura 3. Análise de componentes principais (ACP) para os tempos de tratamento e os parâmetros avaliados durante o processo de eletrofloculação empregando o eletrodo de alumínio. T1: 0 (zero); T2: 5 (cinco minutos); T3: 10 (dez minutos); T4: 20 (vinte minutos) e T5: 30 (trinta minutos).

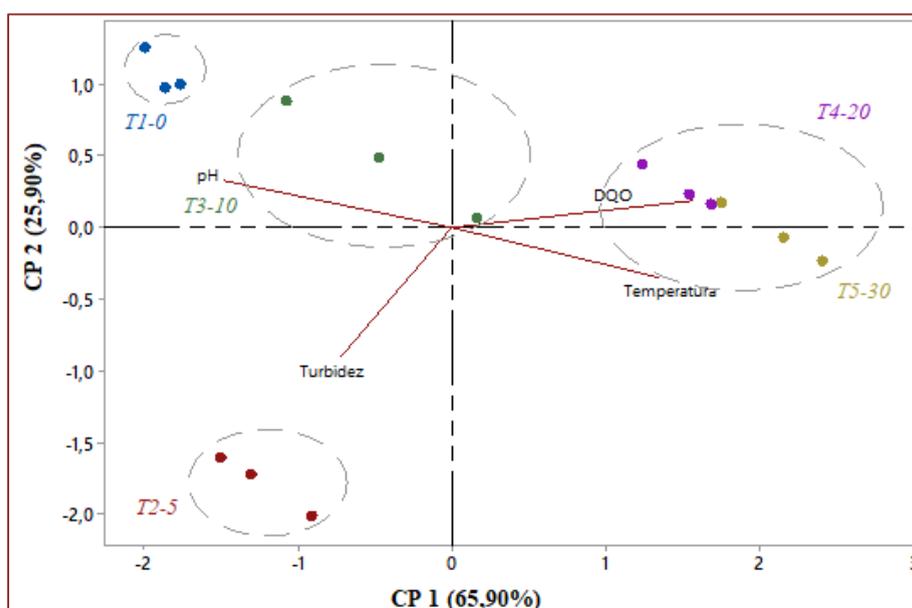


Fonte: Autor, 2019

Como mostra a Figura 3, as duas dimensões (eixos x e y) da ACP explicaram 88,00% da variância total dos dados avaliados para o uso da eletrofloculação empregando o eletrodo de alumínio. Assim, pela Figura 3, temos que: antes do início do processo de eletrofloculação (T1: tempo zero), o efluente analisado apresentou correlação direta com níveis mais elevados de turbidez e pH, assim como para os níveis analisados aos 5 minutos de tratamento (T2); logo, os demais tempos de análise (T3, T4 e T5) tendem a apresentar níveis menores quanto a estes parâmetros, ou seja, tempos maiores de tratamento utilizando o processo de eletrofloculação contribuem para a o aumento do pH e a diminuição da turbidez do efluente.

Quanto aos parâmetros de DQO e temperatura, é possível inferir que, 10 e 20 minutos de tratamento contribuíram para o aumento dos níveis de DQO e que 30 minutos de tratamento causam um aumento na temperatura do efluente durante o processo. A seguir, na Figura 4, é apresentada a análise de componentes principais (ACP) para os tempos de tratamento e os parâmetros avaliados empregando o eletrodo de zinco.

Figura 4. Análise de componentes principais (ACP) para os tempos de tratamento e os parâmetros avaliados durante o processo de eletrofloculação empregando o eletrodo de zinco. T1: 0 (zero); T2: 5 (cinco minutos); T3: 10 (dez minutos); T4: 20 (vinte minutos) e T5: 30 (trinta minutos). Al (eletrodo de alumínio); Zn (eletrodo de zinco).



Fonte: Autor, 2019

Na Figura 4, as duas dimensões da ACP explicaram 91,80% da variância total dos dados avaliados para o uso da eletrofloculação empregando o eletrodo de zinco. Assim, pela Figura 5, temos que: antes do início do processo de eletrofloculação (T1: tempo zero), o efluente analisado apresentou correlação direta com níveis mais elevados de turbidez e pH, assim como para os níveis analisados aos 10 minutos de tratamento (T3); logo, os demais tempos de análise (T4 e T5) são inversamente correlacionados, ou seja, menores, quanto a estes parâmetros, mostrando, a eficiência do processo com o tempo de tratamento.

Quanto aos parâmetros de DQO e temperatura, é possível inferir que, o tempo de 20 minutos de tratamento apresenta correlação direta com altos níveis de DQO e que, 30 minutos de tratamento (T5) causam um aumento na temperatura do efluente durante o processo, assim como mostrado para o eletrodo de alumínio.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A eficiência desse tratamento varia conforme o tempo e a distância dos eletrodos, contudo, a técnica de eletrofloculação mostrou-se eficiente e viável dentro dos parâmetros abordados. Para este trabalho foi estudado a viabilidade da técnica da eletrofloculação aplicada no tratamento do efluente da laguna da Janssem. Esse tratamento apresentou uma ótima eficiência para a redução da poluição de elementos

orgânicos e inorgânicos encontrados na água. Os parâmetros mais eficazes nesse processo foram a turbidez, a demanda química de oxigênio e o pH.

REFERÊNCIAS

- [1] Abreu, J. D.; Adam, C.; Costa, A. F.; Marian, S.; Koslowski, L. A. D. Tratamento de efluente proveniente de serigrafia via eletrocoagulação. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 2 (1), 547-556, 2019.
- [2] American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation; Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19th ed., Washington, 1995.
- [3] Aquino Neto, S., Magri, T. C., Da Silva, G. M., & De Andrade, A. R. Tratamento de resíduos de corante por eletrofloculação: um experimento para cursos de graduação em química. *Química Nova*, 34(8), 1468-1471, 2011.
- [4] Bandeira, A. A.; Esquerre, K. R.; Borges, R. B. A regulamentação sobre o tratamento e a disposição final de efluentes industriais: avaliação do gerenciamento de efluentes no Polo Industrial de Camaçari – Estado da Bahia. *Revista Direito Ambiental e sociedade*, [S. l.], p. 121-148, 2018.
- [5] Behling, L.; Pavão, D. B.; Alves, A. A. A.; Santos, B. L. B.; Tones, A. R. M. Eletrofloculação aplicada no tratamento de efluente lácteo: delineamento experimental e otimização de múltiplas respostas. 11º Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental, [S. l.], p. 3-13, 10, 2019.
- [6] Bittencourt, L. A.; Lima, A. A.; Schlindwein, C.; Banczek, E. P.; Furstenberger, C. B. Tratamento do efluente do biodiesel utilizando técnica de eletrofloculação com diferentes eletrodos. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 1 (1), 253-266, 2018.
- [7] Lee, S. Y., Gagnon, G. A. Review of the factors relevant to the design and operation of an electrocoagulation system for wastewater treatment. *Environmental reviews*, 22(4), 421-429, 2014.
- [8] Marques, M. B. L. Construção de jardim filtrante (wetlands) como alternativa de tratamento de água cinza em uma propriedade rural do município de Ilha Solteira-SP. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, São Paulo. 56 f.
- [9] Strate, J. Otimização de um sistema de eletrofloculação em fluxo contínuo para o tratamento de efluentes líquidos das indústrias de laticínios. Lajeado, 83 p., 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Centro Universitário Univates. Vieira, S. P.; Cavalcanti, A. P. Obtenção de novos materiais a partir as águas residuas da produção de biodiesel tratadas por eletrofloculação. *Revista CIATEC-UFP*, 9 (2), 28-36, 2017.

Capítulo 5

Remoção de nutrientes em Wetland construído do tipo Francês

Amanda Silva Nunes

Orlando de Carvalho Junior

Resumo: O estudo teve como objetivo principal avaliar um sistema Francês de *wetland* construído, com maciço parcialmente saturado no tocante a eficiência de remoção de nitrogênio e fósforo totais do efluente proveniente de um restaurante universitário. O estudo foi realizado no município de Londrina, situado no norte do estado do Paraná, nas dependências da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O sistema analisado é caracterizado por dois estágios de tratamento, ambos plantados com a macrófita *Heliconia Rostrata*. O primeiro estágio é constituído por dois leitos, cada um deles com dimensão de 1,13 m² e o segundo estágio por apenas um leito de 1 m² e camada de saturação de 0,25 m. A taxa de aplicação hidráulica nos estágios I e II, foram 0,088 m³/m²d e 0,1 m³/m²d respectivamente. Os resultados da pesquisa são decorrentes a 8 semanas de monitoramento, as amostras coletadas foram submetidas a análises de pH, alcalinidade, série nitrogenada e fosfato. Com relação à série nitrogenada, o sistema apresentou os seguintes resultados para a entrada e saída respectivamente, redução média de nitrogênio amoniacal de 16,1 mgL⁻¹ para 2,8 mgL⁻¹, nitrogênio total kjeldahl de 75,3 para 6,6 mgL⁻¹, o nitrato apresentou acréscimo de 2,6 para 11,1 mgL⁻¹ e por fim a redução de nitrogênio total de 77,9 para 17,7 mgL⁻¹, resultando em uma eficiência média de remoção de nitrogênio total 56,4% e 76% nos estágio I e II respectivamente. Quanto ao fósforo, não se detectou a presença deste parâmetro em nenhuma das amostras finais averiguadas, evidenciando remoção total ao longo do sistema.

Palavras-chave: Tratamento descentralizado; Maciço filtrante saturado; *Heliconia rostrata*; Tratamento de esgoto doméstico.

1. INTRODUÇÃO

Os *wetlands* construídos (WCs) são sistemas concebidos com o propósito de tratar água residuárias de diferentes origens mediante processos naturais que incluem a ação de microrganismos, vegetação, material filtrante e a forma como o efluente se movimenta dentro do sistema, sendo o tempo de interação entre esses constituintes e o efluente a ser tratado o principal responsável pela remoção de poluentes (DE PAOLI; VON SPERLING, 2013).

Platzer, Hoffman e Cardia (2007), descrevem os WCs como sistemas tecnicamente mais simples e econômicos se comparados aos sistemas convencionais de tratamento, além do mais, são flexíveis quanto à variação de carga e a escolha do local de implantação, sem produção de lodo, dispensam energia elétrica com processos como aeração e são altamente eficientes na remoção de bactérias, germes e outros contaminantes prejudiciais ao meio aquático.

Dentre os contaminantes destacam-se o nitrogênio e fósforo, estes quando presentes em excesso podem desencadear uma série de fenômenos prejudiciais aos mananciais de água, como eutrofização e conseqüentemente aumento da concentração de matéria orgânica e do consumo oxigênio dissolvido e toxicidade aos animais presentes no meio (VON SPERLING, 2005).

Nestes sistemas, os principais mecanismos de remoção de nitrogênio são os processos sequenciais de amonificação, nitrificação e desnitrificação, no que se refere ao fósforo, a precipitação química, adsorção e assimilação pela vegetação e pelo biofilme são as potenciais formas de remoção deste poluente nos WCs (IWA, 2000; SOUZA *et al.* 2004).

São inúmeros os tipos e associações de *wetlands* construídos, entre eles destacam-se os WCs do tipo Francês, essas unidades se diferenciam das demais pela alimentação em bateladas, por dois estágios de tratamento, além do mais, possuem a capacidade de tratar efluente bruto diretamente, renunciando a etapa de pré-tratamento (DAL BOSCO, 2016; MOLLE, 2014). No presente estudo, avaliou-se um WC do tipo Francês, com profundidade de saturação igual a 0,25 m no tratamento de esgoto proveniente de um restaurante universitário, no tocante à eficiência de remoção de nitrogênio e fósforo totais.

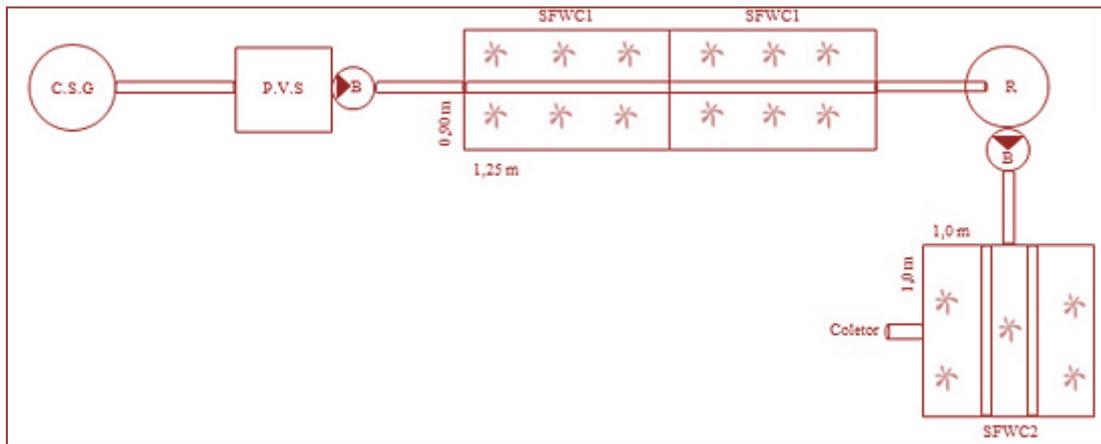
2. OBJETIVOS

O presente estudo teve como objetivo principal analisar a eficiência de um sistema *wetland* tipo Francês aplicado no tratamento do efluente proveniente de um restaurante universitário, quanto à remoção de nitrogênio e fósforo totais. Bem como, propor o sistema *wetland* Francês como unidade viável para tratamento descentralizado de efluentes e verificar se as condições operacionais adotadas são favoráveis à remoção de nitrogênio total considerando a altura de saturação do maciço filtrantes pertencente ao segundo estágio igual a 0,25 m.

3. MATERIAL E MÉTODOS

A unidade experimental, objeto de estudo desta pesquisa, encontra-se localizada nas dependências da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Londrina (latitude -23,304218 longitude -51,172223), em uma área adjacente ao restaurante universitário da instituição. O sistema Francês (Figura 1) foi dimensionado segundo os critérios de Molle *et al.* (2005), sendo constituído por dois leitos no primeiro estágio e um leito no segundo estágio.

Figura 1: Fluxograma da estação experimental; C.S.G = separadora de gordura; P.V.S = Poço de visitação e sucção; B = Bomba centrífuga; SFWC1 = Sistema francês de *wetland* construído no primeiro estágio; R = Reservatório; SFWC2 = Sistema francês de *wetland* construído no segundo estágio



Fonte: Autoria própria

Cada um dos leitos do primeiro estágio (Figura 2) possuem área superficial de $1,13 \text{ m}^2$, sendo o maciço filtrante constituído por 0,1 m de brita 1 ($\Phi = 9,5- 19 \text{ mm}$); 0,25 m de brita $\frac{1}{2}$ ($\Phi = 5-12,7 \text{ mm}$) e 0,20 m de brita 0 ($\Phi = 4, 5-9,5 \text{ mm}$). O leito pertencente ao segundo estágio (Figura 3) dispõe de área superficial de 1 m^2 e maciço filtrante de 0,1 m de brita 2 ($\Phi = 19-32 \text{ mm}$), 0,2 m de brita 1 ($\Phi = 9.5-19\text{mm}$), 0,2m de brita 0 ($\Phi = 4,5-9,5 \text{ mm}$) e 0.2 m de areia ($d_{60} = 0.36 \text{ mm}$, $d_{10} = 0.18 \text{ mm}$ e coeficiente de uniformidade 2). Em cada um dos leitos de tratamento foram cultivadas 6 mudas/ m^2 da macrófita *Heliconia Rostrata*.

A unidade experimental foi alimentada pelo efluente proveniente da cozinha e sanitários do restaurante universitário, o mesmo foi coletado de uma caixa de passagem retentora de gordura, uma bomba centrífuga (1/2 CV de potência e $Q_{\text{nominal}} = 1500 \text{ L/h}$) é responsável por direcionar o efluente até os leitos do primeiro estágio, assim como por manter uma taxa de aplicação superficial inferior a $0,37 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{d}$ por leito em operação.

A alimentação dos leitos do primeiro estágio ocorreu de modo intermitente, os leitos foram operados alternadamente a cada batelada, um leito foi operado e, em seguida o mesmo entra em fase de repouso e a alimentação transferiu-se para o seguinte. Uma tubulação de distribuição com diâmetro nominal de 25 mm é encarregada de distribuir o esgoto pelos leitos de tratamento, para uma melhor distribuição, a mesma foi perfurada com furos de 4 mm, sendo esses espaçados a cada 10 cm.

Figura 2: SFWC1



Fonte: Autoria própria

Figura 3: SFWC2



Fonte: Autoria própria

Após a passagem pelo primeiro estágio de tratamento o efluente foi direcionado e acumulado em um reservatório com capacidade de 350 L, para então ser bombeado ao segundo estágio. No segundo estágio foi mantida uma profundidade de saturação de 0,25 m, a fim de se proporcionar um ambiente anóxico. O efluente final é coletado por um dreno de diâmetro nominal de 40 mm ao fundo dos leitos.

Considerando as variações das características de produção do efluente para este tipo de instalação, aplicou-se uma vazão máxima de 0,1 m³/d, sendo 4 bateladas de 0,025 m³ ao longo do dia, sendo intercaladas por intervalos de 90 minutos, resultando em uma taxa de aplicação de 0,088 m³/m²d no primeiro estágio e 0,1 m³/m²d no segundo estágio. As bateladas tiveram duração de 1 minuto, resultando em uma vazão de aplicação de 1,33 m³/m³d.

A rotina de análises físico-químicas foi conduzida segundo o *Standard Methods of Examination for Water and Wastewater* (APHA, 2012). As análises tiveram início em agosto de 2018 e término em outubro de 2018, totalizando 8 semanas. As amostras foram coletadas semanalmente, por amostragem simples na entrada e saída de cada um dos estágios durante a aplicação da batelada. Os parâmetros analisados foram: Nitrogênio Amoniacal (N-NH₄⁺;4500-NH₃ C), Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK; 4500-Norg B), Nitrito (4500-NO₂-B), Nitrato (N-NO₃⁻;4500-NO₃-B), Alcalinidade Total (2320B), pH (4500-H + B) e Fosfato (4500-P C- Ácido Vanadomolibdofosfórico).

4.RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para efeito comparativo analisou-se os parâmetros do efluente em seu estado bruto (E), ao final do primeiro estágio (I) e ao final do segundo estágio (II). Os resultados alcançados no decorrer do estudo estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1: Valores médios dos parâmetros analisados no Wc tipo Francês

Parâmetros	Esgoto Bruto	Estágio I	Estágio II
Alcalinidade (mg CaCO ₃ L ⁻¹)	37,43	73,29	48,89
pH	5,13	6,34	6,65
Nitrogênio Amoniacal (mgL ⁻¹)	16,1	17,1	2,8
Nitrogênio Total Kjeldahl (mgL ⁻¹)	75,3	40,5	6,6
Nitrato (mgL ⁻¹)	2,6	3,0	11,1
Nitrogênio Total (mgL ⁻¹)	77,9	33,5	17,7
Fostato (mgL ⁻¹)	12,7	11,6	0

Fonte: Autoria própria

4.1 ALCALINIDADE E PH

Com base nas análises, verificou-se que as alcalinidades médias do esgoto bruto, estágio I e estágio II respectivamente ficaram em torno de 37,43, 73,29 e 48,89 mgCaCO₃ L⁻¹. Observa-se o aumento da alcalinidade do esgoto bruto em relação ao estágio I, o resultado tem relação com o processo de desnitrificação, responsável por produzir alcalinidade no meio, outro fator considerável é a dissolução do material filtrante empregado no sistema, neste caso a brita. Diferentemente de I para II, constatou-se redução da concentração de mgCaCO₃ L⁻¹ decorrente do processo de nitrificação no qual a alcalinidade é consumida.

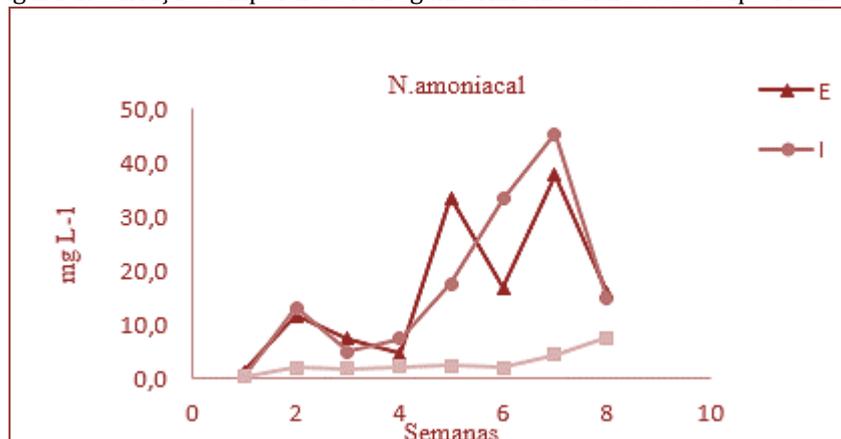
O pH manteve-se praticamente constante ao todo do período de monitoramento, apresentando média de concentração De 5,13 para esgoto bruto, 6,34 para estágio I e 6,65 para estágio II.

4.2 SÉRIE NITROGENADA

O *wetland* construído apresentou elevada redução das concentrações de nitrogênio amoniacal, nitrogênio total kjeldahl (NTK) e nitrogênio total. Considerando as concentrações médias de nitrogênio amoniacal fica evidente o aumento da concentração do esgoto bruto para o estágio I, o resultado tem relação direta com o processo de amonificação do nitrogênio orgânico nesta primeira etapa. De I para II a concentração deste parâmetro reduziu significativamente, um indicativo de nitrificação, outro fato que corrobora este

resultado é o aumento da alcalinidade também nesta etapa. A variação temporal de nitrogênio amoniacal pode ser observada na Figura 4.

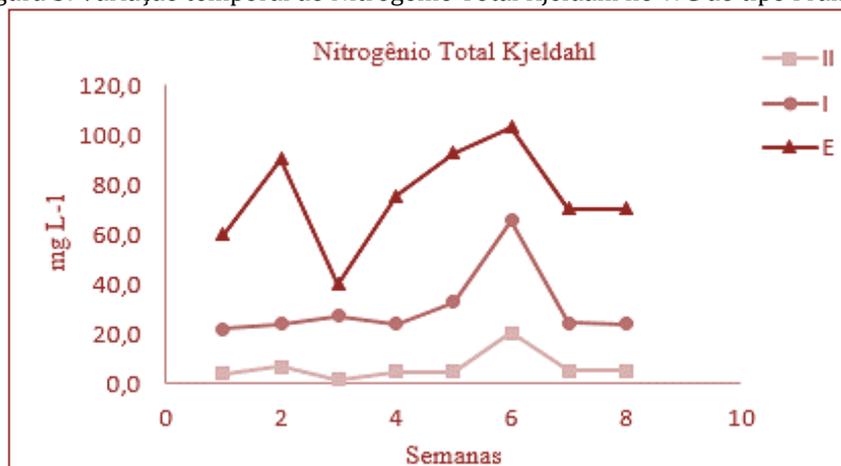
Figura 4: Variação temporal do Nitrogênio Amoniacal no WC do tipo Francês



Fonte: Autoria própria

Na Figura 5 é possível observar a variação temporal da concentração de nitrogênio total kjeldahl durante o período de monitoramento.

Figura 5: Variação temporal do Nitrogênio Total Kjeldahl no WC do tipo Francês

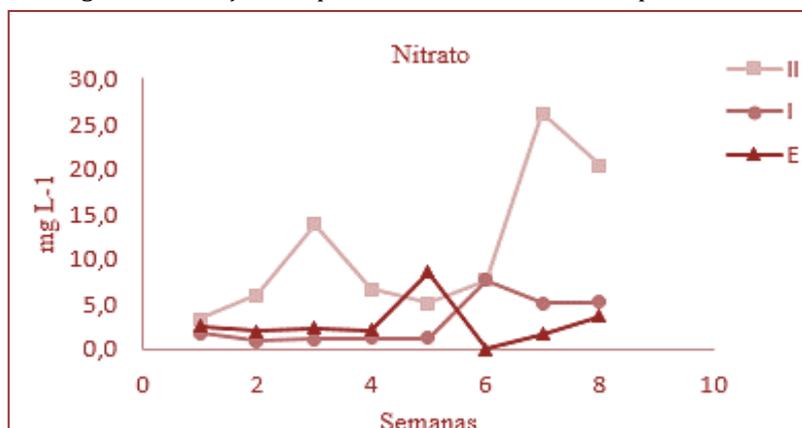


Fonte: Autoria própria

Foram registradas concentrações médias de NTK de 75,3 mgL⁻¹ no esgoto bruto, 40,5 mgL⁻¹ no estágio I e 6,6 mgL⁻¹ no estágio I, a redução deste parâmetro demonstram a ocorrência da hidrólise do nitrogênio orgânico e oxidação do nitrogênio amoniacal. No decorrer do estudo o WC apresentou eficiência de remoção de NTK para o estágio I de 58,7% e para o estágio II de 92%, evidenciando a ocorrência do processo de amonificação e posteriormente desnitrificação.

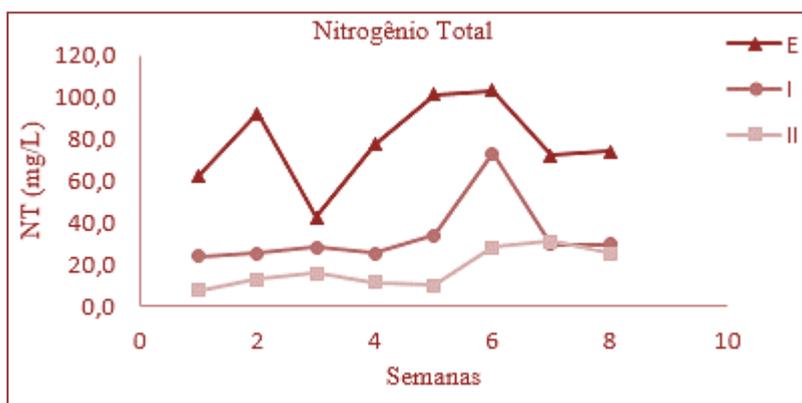
Em relação ao nitrito (NO₂⁻), não constatou-se resultados relevantes para este parâmetro em nenhuma das amostras analisadas. Outros estudos, como Freitas (2015) reportam a ausência de NO₂⁻ um indicativo da ocorrência da nitratação, ou seja, conversão do nitrito a nitrato. Para o nitrato (NO₃⁻), as médias de concentração para E, I e II foram respectivamente 2,6, 3,0 e 11,1 mgL⁻¹. O evolutivo da concentração de NO₃⁻ (Figura 6) revelou um aumento da concentração de nitrato no estágio II se comparado aos demais pontos de análises. Pelissari *et al* (2012), afirmam que a alimentação do tipo intermitente é responsável por um maior arraste de oxigênio, favorecendo a oxidação do nitrogênio orgânico e consequentemente elevando as concentrações de nitrato no efluente. A variação temporal do nitrogênio total pode ser observada na Figura 7

Figura 6: Variação temporal do Nitrato no WC do tipo Francês



Fonte: Autoria própria

Figura 7: Variação temporal do Nitrogênio Total no WC do tipo Francês



Fonte: Autoria própria

O efluente bruto apresentou concentração média de nitrogênio total de 77,9 mgL⁻¹, o primeiro e segundo estágio apresentaram 33,5 e 17,7 mgL⁻¹, respectivamente. A redução deste parâmetro é decorrente ao processo desnitrificação tanto no estágio I como em II, atestando que as condições operacionais adotadas favorecem a ocorrência deste processo e conseqüentemente remoção deste poluente. Além disso, os resultados confirmam que boa parte da amônia produzida foi oxidada e posteriormente convertida a nitrogênio gasoso na camada anóxica existem no estágio II. Na Tabela 2 estão apresentados os dados referentes as eficiências de remoção de nitrogênio total mínimas, médias e máximas dos estágios I e II.

Tabela 2: Eficiência de remoção (%) de Nitrogênio Total em WC do tipo Francês

Eficiência	Estágio I	Estágio II
Mínima	29,0	56,7
Média	56,4	76,0
Máxima	72,8	90,2

Fonte: Autoria própria

As taxas de eficiência de remoção de nitrogênio total encontradas foram altamente satisfatórias para I e II. Em virtude da altura de saturação adotada no estágio II, esperava-se que somente este estágio apresentasse elevada eficiência de remoção, no entanto, o estágio I também apresentou eficiência considerável.

No que diz respeito aos fatores que possam ter motivado a eficiência de remoção considerável no estágio I tem-se que a disposição da tubulação de drenagem deste estágio tenha favorecido o desenvolvimento de um ambiente saturado capaz de impedir a entrada de oxigênio e favorecer a ocorrência da desnitrificação, semelhante ao que acontece no estágio II.

4.3 FOSFATO

Para este parâmetro foram analisadas 7 semanas de amostras, a amostra referente a primeira semana de monitoramento foi perdida, impossibilitando sua análise. Durante o período experimental a concentração média de fosfato no efluente bruto foi superior do que aquela encontrada ao final do estágio I. Porém, algumas amostras do primeiro estágio apresentaram concentrações superiores ao efluente inicial, o resultado tem relação com as larvas de mosquitos existentes nas tubulações de drenagem e a produção de lodo do sistema.

A remoção de fosfato é evidente no WC do tipo Francês, uma vez que não constatou-se a presença deste parâmetros nas amostras finais do tratamento. Segundo Sezerino (2006), essa redução é resultado da adsorção e precipitação do mesmo junto ao material filtrante. Para melhor compreensão, os resultados referentes a concentração de fosfato ao longo do período experimental estão expressos em tabela (Tabela 3).

Tabela 3: Dados da concentração de Fosfato (mgL^{-1}) durante período experimental

Semana	Esgoto Bruto	Estágio I	Estágio II
2	10,82	14,07	0
3	8,84	4,68	0
4	5,46	6,04	0
5	20,01	13,83	0
6	28,04	21,65	0
7	15,76	13,13	0
8	*	7,36	0

(*) concentração não constatada.

Fonte: Autoria própria

Contudo, Brix e Arias (2005) afirmam que a eficiência de remoção de fósforo em WC é limitada, uma vez que os resultados são satisfatórios até que ocorra a saturação do material filtrante, neste caso os autores aconselham a remoção de fósforo por processos químicos, como por exemplo, precipitação química.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema Francês de *wetland* construído com maciço parcialmente saturado apresentou-se como uma tecnologia alternativa viável e eficiente para o tratamento de efluente sanitário advindo de um restaurante universitário, ocasionando melhoria na aparência e qualidade do mesmo. A partir do monitoramento, o sistema apresentou boas taxas de remoção de nitrogênio e fósforo totais corroborando que as condições operacionais adotadas foram favoráveis à eficiência de remoção de nitrogênio. Logo, estudos ainda podem ser conduzidos com o intuito de se averiguar o comportamento do sistema a aplicabilidade de uma maior carga, visto que segundo a literatura a presente carga aplicada é considerada baixa.

REFERÊNCIAS

- [1] Brix, H., Arias, C. A. The use of vertical flow constructed wetlands for on-site treatment of domestic wastewater. *Ecological Engineering*, v. 25, p. 491-500, 2005. Disponível em: <http://mit.biology.au.dk/hansbrix/pdf_files/Ecological%20Engineering%491-500.pdf>. Acesso em: 10 fev. 2019.
- [2] Dalbosco, V. Projeto de concepção de um sistema de wetland construídos em modelo Francês na cidade de Nova Trento – SC. 2016. 96 f. Graduação (Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.
- [3] De Paoli, A. C., Von Sperling, M. Avaliação das condições hidrodinâmicas de wetlands construídos de escoamento horizontal subsuperficial. *Gesta*, v.1, p.213- 222, 2013.
- [4] Freitas, M. N. de. Avaliação do *start up* de wetland construído vertical descendente com fundo saturado empregado no tratamento de esgoto sanitário. 2015. 81 f. Graduação (Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- [5] International Water Association (IWA). *Constructed Wetlands for Pollution Control: Processes, Performance, Design and Operation*. Scientific and Technical Report No. 8. London, England: IWA Publishing. 156 p. 2000.
- [5] Molle, P. French vertical flow constructed wetlands: a need of a better understanding of the role of the deposit layer. *Water Science & Technology*, v. 69, p.106-112, 2014.

- [6] Pelissari, C. *et al.* Comportamento inicial de *wetlands* construídos empregados no tratamento de efluentes da bovinocultura de leite. *Engenharia Ambiental* v. 9, n. 2, p. 190-204, 2012.
- [7] Platzer, C.; Hoffmann, H.; Cardia, W. O wetland como componente de Ecosan – experiências com o uso e dimensionamento no clima subtropical. In: International Conference on Sustainable Sanitation: “Food and Water Security For Latin America”. 2007, Fortaleza. Anais. Fortaleza: Ecosan, 2007.
- [8] Sezerino, P. H. Potencialidade dos filtros plantados com macrófitas no pós-tratamento de lagos de estabilização sob condições de clima subtropical. 2006. 171 f. Tese de doutorado (Curso de Pós graduação em Engenharia Ambiental), Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. Disponível em: < <https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123142/225786.pdf? e=1>>. Acesso em: 06 fev. 2019.
- [9] Souza, J. T. de. Use of constructed wetland for the post-treatment of domestic sewage anaerobic effluente from UASB reactor. *Eng. Sanit. Ambient*, v. 9, p. 285-290, 2004.
- [10] Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association. Water Environment Federation. Washington DC, Usa, 1268p, 2012.
- [11] Von Sperling, M. Princípios de tratamento biológico de águas residuárias: Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3. ed. Belo Horizonte: Desal/ufmg, 2005. 425p.

Capítulo 6

Avaliação do saneamento e seus impactos na saúde pública de Belém

Lucas de Oliveira Loureiro

Josiane Coutinho Mathews

Higor Ribeiro Borges

Handra Tatiana de Brito Romão

Fábio Venilson de Sousa Pereira

Resumo: Este trabalho objetivou estudar as relações entre saneamento e saúde pública na cidade de Belém, o que se mostra fundamental para o planejamento de sistemas de saneamento em centros urbanos. Dessa forma, o presente artigo objetiva mostrar e provocar debates acerca da importância do investimento no campo do planejamento urbano e conseqüentemente no saneamento básico, pois a cada real investido em saneamento se economiza quatro reais em saúde pública. O estudo em questão mostrou que a cidade de Belém ainda sofre com doenças causadas por falta de saneamento, sendo classificadas como doenças de veiculação hídrica tais como amebíase e leptospirose. Com o cruzamento de dados secundário do Ranking Nacional de Saneamento se chegou ao triste colocação de nonagésima oitava cidade das cem cidades analisadas, estando à frente somente de Ananindeua e Porto Velho. O Trata Brasil de Saneamento 2018 revelou que o saneamento básico de Belém é um dos piores do Brasil, principalmente no que tange atingindo uma nota de 2,43 de 0 a 10 e que se encontra em décima quinta colocação aonde chega a um índice de 45,93 de Investimento/Arrecadação e mesmo com essa colocação Belém encontra-se inferior a todos os estados do Sul, Sudeste, Centro-Oeste. Pode-se concluir que a cidade em questão não tem acompanhado o crescimento populacional desordenado e não tomou iniciativas para minimizar doenças básicas que envolve saúde pública, dessa forma se tornando mais caro a sua remediação do que a sua prevenção.

Palavras-chave: Ranking de Belém; Saneamento Básico; Saúde Pública.

1. INTRODUÇÃO

A cobertura do abastecimento público por água potável, o manejo e a coleta dos resíduos sólidos urbanos, a drenagem pluvial urbana e o esgotamento sanitário são serviços indispensáveis para as cidades (PEREIRA et al., 2015). Esses serviços influenciam diretamente no bem-estar coletivo, na qualidade de vida da população e na minimização dos impactos das atividades humanas sobre o meio ambiente.

Está disposto nas diretrizes da Política Nacional de Saneamento Básico, instituída na Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007, a universalização do acesso aos serviços de saneamento básico, dentre os quais está incluído o abastecimento público de água, ou seja, todo cidadão tem o direito ao acesso desse serviço (BRASIL, 2007).

Cerca de 2.5 bilhões de pessoas do planeta vivem sem saneamento adequado, 768 milhões de pessoas no mundo ainda convivem sem o mínimo de acesso a uma fonte de água potável e 3,5 milhões de pessoas morrem por problemas relacionados ao fornecimento inadequado de água por ano (TRATA BRASIL, 2016). Infelizmente a realidade do Brasil é ainda pior, pois o déficit de saneamento vem constituindo uma preocupação grave, considerando a importância de seu papel na relação que estabelece com a saúde e saneamento. No entanto, os serviços de saneamento não conseguem acompanhar o crescimento desordenado das cidades, situação essa que é agravada pelo aumento populacional e ocupação desordenada dos ambientes urbanos, no qual parte da população passa a viver em áreas de vulnerabilidade social e desassistida por serviços de saneamento. Segundo dados do Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento (SNIS), no Brasil, 16,7% da população não tem um atendimento total de água potável e no estado do Pará o cenário é mais alarmante onde 52,9% dos paraenses não tem acesso a água potável (SNIS, 2017).

Desta forma, visando necessidade de assegurar um fornecimento de água potável, com níveis de conforto e qualidade apropriados às exigências diversas de utilização da sociedade, projetos de instalações prediais de distribuição são desenvolvidos na engenharia.

No norte do Brasil apenas 57,49% é abastecida com água tratada, onde desse valor de água tratada 55,14% é perdida na adução, no tratamento e até mesmo na distribuição. (Trata Brasil, 2018). É importante ressaltar que a qualidade que chega ao consumidor está diretamente ligada à saúde pública, pois a cada real investido em saneamento básico gera uma economia de quatro reais em saúde pública, o custo de uma internação por infecção gastrointestinal no Sistema Único de Saúde (SUS) foi de cerca de R\$ 355,71 por paciente na média nacional. (Trata Brasil, 2018). No estado do Pará apenas 45,72% obtém rede de água tratada com suas perdas chegando a um total de 40% de perda de água potável (SNIS, 2017).

2. OBJETIVOS

Provocar debate acerca da colocação da cidade de Belém do Pará no Ranking nacional do saneamento básico com as cem cidades mais importantes do Brasil, tendo uma atenção especial para os indicadores de distribuição de água e os impactos na saúde. Outro fator de fundamental importância é conhecer se o planejamento urbano da cidade de Belém do Pará esta sendo efetuado de maneira que promova o avanço e acesso para todos os moradores da cidade de Belém.

Realizar o cruzamento de dados através de fontes confiáveis de dados secundários para discutir a real situação da cidade de Belém quanto ao acesso ao saneamento e a saúde pública relacionado a doenças de veiculação hídrica como a amebíase e leptospirose. Com isso, o trabalho, a partir desses dados, mostrar a direta ligação e similaridades entre as áreas, como também na análise empírica de dados que visam mostrar a situação do saneamento da cidade de Belém, sendo esta, uma das cidades brasileiras que apresentam dados preocupantes em relação a outros estados do país.

3. MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo é a Cidade de Belém está localizado no Estado do Pará. É considerada uma das principais cidades do norte do Brasil. Possui uma população de 1.485.732 habitantes e com uma densidade demográfica de 1.315,26 hab/km² (IBGE, 2010). Em princípio foi realizada uma revisão bibliográfica para o conhecimento das principais literaturas que tratam do tema, em revisão dada a partir de livros, artigos científicos, periódicos acadêmicos, dissertações, teses, que forneceram subsídios para o conhecimento aprofundado do tema.

Foram utilizados dados secundários disponíveis pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS, INFOAMAZONIA, TRATA BRASIL que permitem uma abordagem quantitativa e qualitativa. Com a coleta dos dados numéricos foi possível organizar os dados em tabelas e gráficos e, em seguida, é fornecido tratamento qualitativo.

Os dados secundários foram tirados do Ranking de Saneamento realizado pelo Instituto Trata Brasil, onde foram filtrados os dados da cidade de Belém do Pará e assim realizando o cruzamento com os dados do IBGE e INFOAMAZONIA, assim chegando aos dados de população atendida pela distribuição de água tratada, colocação da cidade de Belém, índice de Investimento/Arrecadação, índices de Amebíase e Leptospirose na cidade de Belém a cada 100 mil habitantes no ano de 2010, indicador de perdas na distribuição (%), investimento médio anual por habitante (R\$ und.) e nota de 0 a 10.

Com os dados já coletados pode-se fazer a análise que consistiu em tratamento e tabulação de tabelas. Essa etapa da pesquisa baseou-se na construção da explanação dos resultados e discursões, para que se possa analisar o objetivo dos dados do estudo de caso, construindo uma explicação sobre a realidade do saneamento e saúde pública da cidade estudada.

4.RESULTADOS E DISCUSSÃO

O objetivo deste estudo é mostrar o Ranking do Saneamento de 2018, o Ranking do Trata Brasil considerava, em sua metodologia, municípios com mais de 300 mil habitantes, o que correspondia a 81 dos municípios brasileiros. A partir de 2012 a metodologia proposta foi aplicada aos 100 maiores municípios do Brasil em termos de população.

Para compor o Ranking, o Instituto Trata Brasil considera várias informações fornecidas pelas operadoras de saneamento presentes em cada um dos municípios brasileiros. Os dados são retirados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) que foi concebido pelo Programa de Modernização do Setor Saneamento (PMSS) e após o seu encerramento, em fevereiro de 2010, vem sendo desenvolvido e administrado pela Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental do Ministério das Cidades.

De acordo com a Organização Das Nações Unidas - ONU 110 litros /dia é a quantidade de água suficiente para atender as necessidades básicas de uma pessoa, onde infelizmente ainda 14,3% das crianças não tem acesso a água potável. A cidade de Belém de acordo com o Ranking nacional elaborado pelo Trata Brasil, está na nonagésima oitava colocação, de 100 cidades analisadas, ficando na frente de somente das cidades de Ananindeua e Porto Velho, ambas localizadas na região norte do território Brasileiro.

Nesta perspectiva, a distribuição de água e o controle de todos indicadores do padrão de potabilidade conforme a portaria de consolidação número 5 no seu anexo xx, que exercem ou podem exercer efeitos nocivos sobre a qualidade de vida dos usuários. Nesse sentido, pode-se dizer a água tratada controla doenças transmissíveis por veiculação hídrica, além de propiciar conforto e bem-estar. Portanto, está vinculado diretamente às condições de saúde e vida da população, caracterizando-se como um direito básico do cidadão (oms, 2015; olimpio júnior, 2004).

Analisando a problemática do Abastecimento de Água e saúde publica, em 2015, o custo com horas não trabalhadas alcançou R\$ 872 milhões. Para 2035, espera-se um custo com horas não trabalhadas de R\$ 730 milhões. Isso equivale a uma economia de R\$ 142 milhões no ano de 2035 em relação ao estimado para 2015. Em vinte anos (2015 a 2035), considerando o avanço gradativo do saneamento e se for aplicado o planejamento urbano das cidades de maneira correta o valor presente da economia com saúde, seja pelos afastamentos do trabalho, seja pelas despesas com internação no SUS, deve alcançar R\$ 7,239 bilhões no país (Trata Brasil, 2018).

De acordo com o Trata Brasil, em 2013 o país teve mais de 14 milhões de casos de afastamento por diarreia ou vômito, a cada afastamento as pessoas ficaram longe de suas atividades por 3,32 dias em média. Isso significa que essas doenças causaram 49,8 milhões de dias de afastamento ao longo de um ano. A diarreia e o vomito são uma das principais doenças que provocam internações devido a falta de abastecimento de água tratada e o seu tratamento ineficiente.

Em 2013, tivemos 391 mil Internações por conta de doenças gastrointestinais infecciosas. Em vinte anos (2015 a 2035), considerando o avanço gradativo do saneamento, o valor presente da economia com saúde, seja pelos afastamentos do trabalho, seja pelas despesas com internação no SUS, deve alcançar R\$ 7,239 bilhões no país.

Tabela 1: Índices de Amebíase e Leptospirose na cidade de Belém a cada 100 mil habitantes no ano de 2010

Doença	Ano de 2010
Amebíase	0,4
Leptospirose	1,3

Fonte: INFOAMAZONIA

De acordo com a tabela 1 dados do VISAGUAS 2010, os índices de amebíase e leptospirose na cidade de Belém são de 0,4 a cada 100 mil habitantes e 1,3 a cada 100 mil habitantes, respectivamente. As doenças apresentam elevada incidência no norte do Brasil com um alto custo hospitalar e perdas de dias de trabalho, além do risco de letalidade, que pode chegar a 40% nos casos mais graves. Sua ocorrência está relacionada às precárias condições de infraestrutura sanitária, alta infestação de roedores infectados e tratamento inadequado de água (MINISTÉRIO DA SAÚDE 2019).

Foi considerada, como habitação precária, aquelas que estão localizadas em favelas, loteamentos clandestinos e/ou irregulares e as periferias dos grandes centros urbanos. Além das condições físicas da moradia, foram consideradas outras variáveis, como por exemplo: rede de infraestrutura de serviços públicos, urbanização efetiva da gleba e titularidade do imóvel (D’OTTAVIANO; SILVA, 2010).

Na cidade de Belém a situação se assemelha devido à falta de saneamento nas periferias da cidade de Belém do Pará, onde de acordo com a tabela 01 estão mais suscetíveis as doenças. Isso mostra que a questão do planejamento urbano e a aplicação do plano diretor de saneamento básico não se está sendo implantado de maneira eficaz pelas autoridades gestoras do município de Belém/Pa.

Tabela 2: Índices das três piores cidades no ranking do saneamento de 2017

Cidade	Ranking 2018	Inves. médio anual por habitante (R\$ und.)	Indicador de perdas na distribuição (%)
Santarém	97	139,96	46,99
Belém	98	46,77	44,06
Ananindeua	99	48,30	46,85
Porto Velho	100	70,88	67,00

Fonte 1: TRATA BRASIL

Como mostra a tabela 2 a região norte é afetada diretamente em relação à distribuição de água onde no estado do Pará ficam 3 piores cidades em relação ao saneamento. Belém apresenta a colocação nonagésima oitava com um investimento anual por habitante (R\$ und.) de 46,77 e com uma perda na distribuição de 44,06%. A cidade de Belém fica na frente somente de Ananindeua e Porto Velho respectivamente na nonagésima nona e centésima colocação. Quanto o indicador de perdas na distribuição pode ser ressaltado que são nos momentos de pressão negativa que o sistema pode seccionar contaminantes para dentro das redes distribuição, contaminando assim os usuários a jusante.

Dos 20 piores municípios do Ranking, cinco são do Rio de Janeiro, três do Rio Grande do Sul e três do Pará que são os seguintes municípios: Santarém, Belém e Ananindeua. Além disso, há um município de cada um dos estados seguintes: Amapá, Amazonas, Espírito Santo, Mato Grosso, Rondônia, Acre, Santa Catarina, Piauí e Pernambuco, dentre esses estados a cidade de Belém encontra-se entre elas. O Trata Brasil de Saneamento 2018 revelou que o saneamento básico de Belém é um dos piores do Brasil, principalmente no que tange a existência de tratamento de água, com uma nota de 0 a 10 de somente 2,43 fica na frente apenas de Ananindeua e Porto Velho com 1,14 e 0,88 respectivamente.

O Ranking do Saneamento Básico –100 Maiores Cidades do Brasil, no que se refere ao indicador de abastecimento de água, identificou que 20 municípios possuem 100% de atendimento da população e 41 cidades com atendimento superior a 99%. Na grande maioria, 90 das 100 cidades, atendem mais de 80% da população com água potável. O menor atendimento foi o de 29,98%, no município de Ananindeua-PA, isso mostra que a realidade região metropolitana de Belém segue o mesmo padrão de precariedade.

Tabela 3: Investimentos sobre arrecadação

Cidade	UF	Ranking Geral	Ranking Investimento/ Arrecadação	Investimento/ Arrecadação
Santarém	PA	97	1	566,22
Belém	PA	98	15	45,93

Fonte 2: TRATA BRASIL

Um fator contraditório na pesquisa realizada é que a cidade de Belém das 100 analisadas no ranking de saneamento encontra-se na décima quinta colocação quanto a investimentos sobre a arrecadação, levando a crer que a falta de gestão pública, pois a colocação quanto arrecadação não justifica ser considerada no ranking geral umas das piores cidades com saneamento urbano como mostra a tabela 3.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente trabalho, foi possível concluir que a qualidade da água e a sua distribuição é de fundamental importância para a população, pois está ligada diretamente à saúde pública, onde investindo no saneamento como um todo se pode ter uma economia de até quatro vezes na saúde pública, assim diminuindo os gastos em internações e aumentando a qualidade de vida dos usuários.

Os dados acima mostram que a cidade de Belém assim necessita de uma atenção especial para a distribuição de água e a forma, pois apresenta dados lastimáveis, sendo a nonagésima oitava cidade das cem maiores cidades do Brasil. Pode-se observar que esses dados refletem em doenças que podem ser facilmente ser mitigada, que é o caso da amebíase e leptospirose na cidade de Belém são de 0,4 a cada 100 mil habitantes e 1,3 a cada 100 mil habitantes.

Além disso, com o diagnóstico desta pesquisa foi avaliado que, uma grande parcela da população belenense vive sem as condições adequadas de saneamento básico. Foi evidenciado que dos moradores da cidade de Belém os serviços para saneamento básico, que são: sistema de abastecimento de água, esgoto sanitário, manejo dos resíduos sólidos e drenagem urbana, entretanto os dados do Trata Brasil mostra que a cidade está muito aquém das condições mínimas.

Entretanto é de fundamental importância ressaltar que a cidade de Belém encontra-se em décima quinta colocação relacionada ao investimento/arrecadação com um índice de 45,93 e a primeira é a cidade de Santarém chegando a um índice de 566,22. Esse índice de arrecadação e investimento não é visível na cidade de Belém, pois está muito aquém das condições mínimas necessárias gerando uma grande disparidade com a população atendida. Os dados do ranking nacional de saneamento mostram de maneira efetiva.

Mesmo com um índice de arrecadação de 45,93 dentre as capitais a cidade de Belém obteve uma regressão no atendimento total de água de 2012 a 2016 de -2,22 pontos percentuais nos últimos cinco anos, evidenciando que o planejamento urbano não acompanha o crescimento da cidade, acarretando problemas de saúde e gastos muito superiores com saúde pública para atender a sua população, onde muitas internações poderiam ser evitadas se houvesse uma relação direta de gestão pública e investimentos nos vários ramos do saneamento.

REFERÊNCIAS

- [1] Araújo Jr, O. Saneamento Ambiental e Qualidade de Vida. Disponível em: Agência de Informação Frei Tito para a América Latina – Adital - <www.adital.org.br> Acesso em: 08 de jan. 2017.
- [2] Composição Técnica e proposições. “Plano Municipal de Saneamento Básico de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário do Município de Belém do Pará, 2014- volume 2). Disponível em ww3.belem.pa.gov.br/www/wp.../PMSB-Belém-PA_Volume-I2.pdf
- [3] Cosanpa (Companhia de Saneamento do Pará) Disponível em <www.cosanpa.pa.gov.br/index.php/a-empresa/2013-06-20-08-51-26>.
- [4] D’ottaviano, M. C. L.; Silva, S. L. Q. Regularização Fundiária no Brasil: Velhas e novas Questões – Irregularidade Urbana, Regularização Fundiária, Direito à Cidade. Planejamento e Políticas Públicas. Brasília: IPEA v. 34, p. 201-230, 2010.
- [5] Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (Ibge). Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios - PNAD.

Rio de Janeiro, (2001-2009).

[6] Lei nº 11.445 de 5 de Janeiro de 2007. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico.

[7] Ministério da Saúde. Departamento de Informática do SUS. Desenvolvido pelo Ministério da Saúde. Apresenta informações sobre saúde. Brasília: MS [acessado em 25 junho 2019]. Disponível em: <www.tabnet.datasus.gov.br/cqi/sim/obtmmap.htm>

[8] Organização Pan-Americana da Saúde (Organização Mundial da Saúde) Disponível em: <http://www.paho.org/bra/index.php?option=com_content&view=article&id=885&Itemid=672> Acesso em: 25 junho 2019.

[9] Pereira, M. T. P.; Silva, F. F. da.; Gimenes, M. L.; Zanatta, O. A. Desenvolvimento de indicador de qualidade de saneamento básico urbano (Iqsbu) e aplicação em cidades paranaenses. Revista em Agronegócio e Meio Ambiente, Maringá (PR), v.8, n.1, p. 135-164, jan./abr. 2015.

[10] Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento – Snis. Diagnóstico dos serviços de água e esgotos. Site institucional, 2008. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/>>.

Capítulo 7

Potencial poluidor de depósitos de resíduos de beneficiamento de rocha ornamental quanto a topografia, clima e pluviosidade

Alexandre Vianna Bahiense

Marciel Zucoloto Pizetta

Resumo: Atualmente tem se observado um aumento significativo na produção de Rochas Ornamentais. Segundo a ABIROCHAS (2012 [1]) o total de chapas serradas no Brasil em 2009 foi estimado em 56,3 milhões m², chegando a 68,1 milhões m² em 2011. Tendo em vista esta expansão, pode-se inferir um aumento significativo na geração de Lama de Beneficiamento de Rochas Ornamentais – LBRO, gerando de forma crescente toneladas destes resíduos que necessitam de uma disposição adequada no meio ambiente. Muitos destes depósitos não estão ambientalmente licenciados, formando assim o que se denomina de passivos ambientais. O objetivo deste trabalho é mostrar o potencial poluidor da disposição da LBRO, considerando a declividade do terreno, o clima e a pluviosidade, classificando os locais como alto, médio e pequeno grau de impacto com relação a possível contaminação dos recursos hídricos pelos passivos. Abstract: Nowadays a significant increase in the production of ornamental stones have been noticed. According to ABIROCHAS (2012 [1]) the total sawn slabs in Brazil, in 2009, was estimated at 56.3 million m², reaching 68.1 million m² in 2011. In consonance with this expansion, we can infer a significant increase in the in mud that have been produced, in the ornamental rock process - LBRO, the wasting material have been increasing significantly and this material needs an adequate disposal in the environment Many of these deposits do not have an environmental permission , thus forming what is called environmental liabilities. The objective of this study is to show that the potential pollution that a LBRO can cause, taking in consideration the steepness of the terrain, the weather and rainfall, ranking sites like high, medium and small degree of impact related to possible contamination of water resources by liabilities.

Palavras-chave: Lama abrasiva, Depósitos, Passivo Ambiental, Rochas Ornamentais.

1. INTRODUÇÃO

O município de Cachoeiro de Itapemirim, sul do Estado do Espírito Santo, possui uma área com topografia predominantemente ondulada e acidentada, clima tropical, e índice pluviométrico médio anual de 1.200 mm (SHALDERS, 2011 [2]). Sendo representativa do setor de rocha ornamental devido ao grande parque industrial de beneficiamento, fato que influencia diretamente no alto índice de resíduos gerados (LBRO), da ordem de 98.000 t/mês (BAHIENSE, 2012 [3]). Sabe-se da composição química e das características físicas da maior parte da LBRO, enfatizando a presença dos elementos químicos Ca, Mg, Al, Fe, sua fina granulação e pH elevado, que podem influenciar na condutividade hidráulica do solo e interferir na qualidade da água subterrânea (BERTOSSI et al, 2009 [4]). Com isso o índice de pluviosidade do local torna-se um elemento importante, devido à quantidade de água percolada no solo e o carreamento destes elementos para o lençol freático.

Pretende-se mostrar que os fatores topografia, clima e pluviosidade, influenciam na capacidade de infiltração e carreamento de elementos químicos constituintes da LBRO para o sistema solo – aquíferos. Dessa forma, analisando os fatores citados juntamente com a localização dos passivos ambientais, pode-se inferir seu potencial poluidor, que aqui serão classificados como pequeno, médio e alto.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

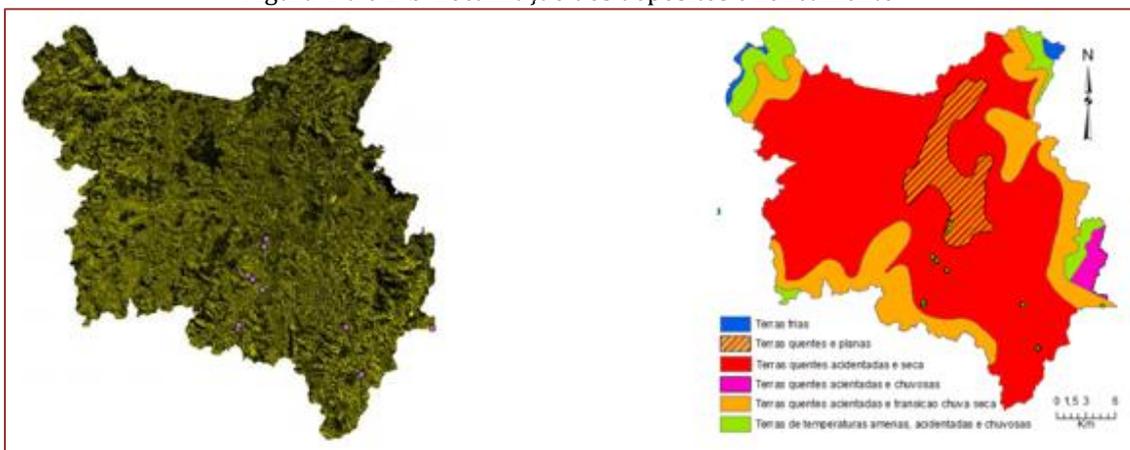
Para o estudo e organização dos dados, foram utilizadas ferramentas de Sistema de Informação Geográfica-SIG, tais como os softwares KOSMO 2.0.1 e Qgis 2.2.0, onde tornou-se possível o amplo uso de projeções cartográficas, manipulação de imagens de satélite com bancos de dados históricos, inclusive na introdução dos pontos de disposição de LBRO. A obtenção das coordenadas dos passivos foi feita com uso de GPS de navegação modelo Garmim GPSMAP 62 em conjunto com o trackmaker, visitas de campo, e, sobretudo, com o levantamento de dados em parceria com o Instituto Estadual de Meio Ambiente – IEMA, que é o órgão estadual de licenciamento e controle ambiental.

Foram então obtidas as coordenadas dos depósitos, em sua maioria que já estão em processo de readequação ambiental. Depois de definida a localização dos passivos, os mesmos foram comparados com as características de relevo, clima e pluviosidade, sendo plotados em mapa e analisadas suas iterações para definição do potencial poluidor.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram obtidos 29 depósitos com suas respectivas coordenadas. As Figura 1-a e 1-b mostram a localização dos 29 depósitos projetados nos limites do município e o zoneamento climático/pluviométrico da região.

Figura 1-a e 1-b. Localização dos depósitos e zoneamento.

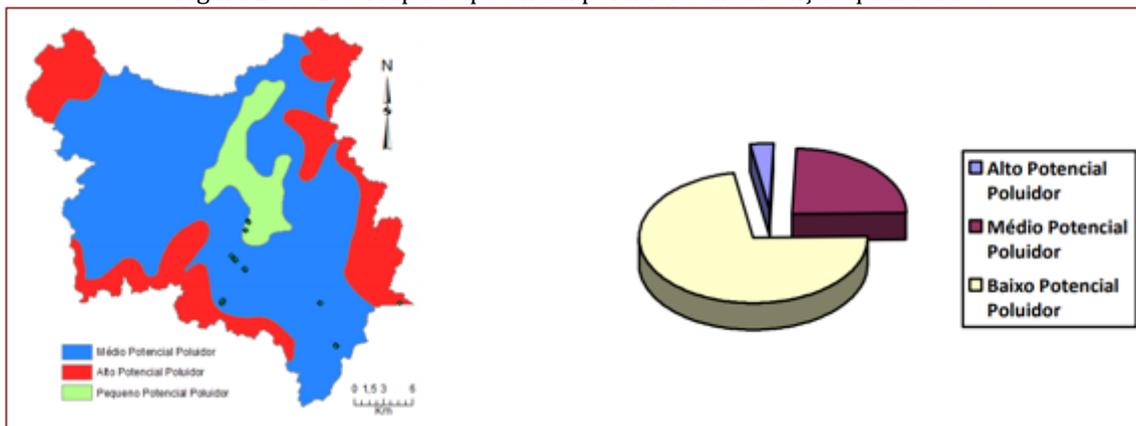


Fonte 1-b: BRAGA [5].

A classificação do potencial poluidor se deu da seguinte maneira: pequeno potencial poluidor – terras quentes e planas; médio potencial poluidor – terras quentes, acidentadas e secas; alto potencial poluidor – terras frias, terras quentes acidentadas e chuvosas e terras quentes acidentadas e transição chuva seca. A

Figura 02-a e 02-b apresenta o mapa de potencial poluidor com a localização dos depósitos e a distribuição quantitativa dos mesmos.

Figura 2-a e 2-b. Mapa do potencial poluidor e distribuição quantitativa



4 CONCLUSÃO

Pode-se concluir que dos 29 passivos levantados junto ao IEMA, apenas 1 encontra-se em local de alto potencial poluidor, por estar situado em terras que variam de fria a quente, acidentadas e de transição chuva/seca, 21 estão na zona de terras quentes, acidentadas e secas, com médio potencial poluidor, as outras 7 estão na zona de terras secas e planas sendo considerado área de baixo potencial poluidor, tendo então um menor risco de contaminação, considerando a pluviosidade, o clima e a topografia.

AGRADECIMENTOS

A FAPES, CNPq e ao IFES pelo apoio. Ao IEMA e ao SINDIROCHAS pela parceria.

REFERÊNCIAS

- [1] Abirochas. Catálogo de rochas ornamentais do Brasil/ fornecedores. Banco de dados. Disponível na Internet. http://www.ivolution.com.br/news/upload_pdf/10916/Informe_05_2012.pdf. Acesso em 14 de mar. de 2013.
- [2] Shalders, P. et al. Programa de Assistência Técnica e Extensão Rural Proater 2011 - 2013: Cachoeiro de Itapemirim. 2011.
- [3] Bahiense, A.V. ; Alexandre, J. ; Vieira, C.M.F. ; Monteiro, S.N. . Effect of Ornamental Rock Sludge on the Strength and Densification of Cement Pavement Blocks. Materials Science Forum (Online), v. 727-728, p. 1723-1728, 2012.
- [4] Bertossi, A. P. A.; Et al. Influência de resíduo de serragem de mármore na condutividade hidráulica do solo e na qualidade da água. Rev. de Ciências Agrárias, Jan 2011, vol.34, no.1, p.123-134. ISSN 0871-018X
- [5] Braga, F.; Et al. Caracterização ambiental de lamas de beneficiamento de rochas ornamentais.Eng. Sanit. Ambient., Set 2010, vol.15, no.3, p.237-244. ISSN 1413-4152 ES.

Capítulo 8

Justiça ambiental em saneamento básico: Um olhar sobre Laranjal do Jari-AP

Airton Emanuel Santos Bezerra

Jamille de Fátima Aguiar de Almeida Cardoso

Resumo: A falta do Plano Municipal de saneamento básico no município de Laranjal do Jari traz como problemática a falta de justiça ambiental na qual busca desenvolver ferramentas, estratégias e políticas públicas para eliminar condições e decisões injustas, com o objetivo de evitar que proteções desiguais possam resultar em decisões injustas e não democráticas e excluídos. Sua organização territorial reflete a desigualdade de distribuição dos serviços básicos como a falta de saneamento, no entanto a lei 11.445 de 2007 garante o acesso e universalização dos serviços de abastecimento de água e despejo de esgoto adequado, limpeza urbana, manejo correto dos resíduos sólidos e a proteção do meio ambiente. O saneamento é essencial a saúde humana, visto que a falta de tratamento adequado pode se tornar uma fonte de proliferação de doenças que pode causar até a morte de pessoa que vivem em situações precárias. O propósito da pesquisa é a avaliação da ausência do Plano Municipal de Saneamento básico e como isso pode afetar a população do município localizado no sul do estado Amapá e que consequências ambientais e sociais acarreta a população quanto ao acesso de água e saneamento básico em quantidade e qualidade. Para a realização desse estudo, se deu início por meio de pesquisa bibliográfica, objetivando a identificação do tema em questão proposto, buscando autores e pesquisadores científicos, para que assim houvesse um maior entendimento sobre o assunto estudado. A passarela Hildemar Maia localiza-se no Bairro Centro Laranjal do Jari – Amapá, hoje a passarela possui mais de 40 residências onde uma pequena parcela encontra-se desabitada. O estudo se insere no campo da pesquisa quali-quantitativa, quando visa promover uma triangulação metodológica onde os dados qualitativos cumprem o papel de incorporar abordagens não possíveis de serem realizadas com dados quantitativos e vice-versa. O levantamento de dados foi realizado por meio de questionários sobre a renda dos moradores da passarela, a situação do saneamento no local, como a falta de água, a existência de pontos de vazamento próximos a residências, se a residências estão ligadas a rede de esgoto, e qual a disposição final do esgoto, existe algum incômodo com relação ao mal cheiro. Com os resultados obtidos verificou-se que a falta do Plano de Saneamento Básico do município é um fator determinante na falta de universalização de acesso e a fragilidade dos serviços básicos como coleta e tratamento de esgoto, o abastecimento domiciliar, que reforça a injustiça ambiental existente no local.

Palavras-chave: Justiça Ambiental. Saneamento Básico. Planejamento.

1 INTRODUÇÃO

O município possui papel fundamental no processo de promoção e universalização dos serviços de saneamento básico, em que sua ausência pode trazer problemas no saneamento básico e a ausência de justiça ambiental.

A justiça ambiental busca desenvolver ferramentas, estratégias e políticas públicas para eliminar condições e decisões injustas, com o objetivo de evitar que proteções desiguais possam resultar em decisões injustas e não democráticas e excluídos, pobres e comunidades de cor sofram uma vulnerabilidade com instalações nocivas prevaleça o trabalho de pessoas pobres em empregos mais perigosos. Dessa maneira, procura desvelar os pressupostos subjacentes que podem contribuir para produzir exposições diferenciadas e proteção desigual, além de trazer à superfície as questões éticas e políticas sobre quem possui o que, quando, como e quanto (BULLARD, 2004).

A Rede Brasileira de Justiça Ambiental traz como princípios e práticas assegurar que nenhum grupo social, seja ele étnico, racial ou de classe, suporte uma parcela desproporcional das consequências ambientais negativas de operações econômicas, de decisões de políticas e de programas federais, estaduais, locais, assim como da ausência ou omissão de tais políticas assegura acesso justo e equitativo, direto e indireto, aos recursos ambientais do país.

A organização territorial do município reflete na desigualdade de distribuição dos serviços básicos como o saneamento, dispõe de medidas que se propõe conservar ou remodelar 3 o meio com efeito de prevenção de doenças para promoção a saúde e qualidade de vida, traz garantia da lei 11.445 de 2007, como a universalização do acesso; abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos realizados de formas adequadas à saúde pública e à proteção do meio ambiente. Sua implementação propicia bemestar da população, visto que sua falta pode gerar proliferação de doenças além de ter um grande impacto ambiental e social.

No Brasil, o déficit do setor de saneamento básico é elevado, em especial, o esgotamento sanitário, sendo que as áreas periféricas dos centros urbanos e os meios rurais apresentam maior carência (GALVÃO JÚNIOR, PAGANINI, 2009).

Os Planos Municipais de Saneamento Básico são indispensáveis para a política pública de saneamento municipal e gestão integrada no município. São também obrigatórios para a contratação ou concessão de serviços, bem como para o recebimento de recursos financeiros da União (CNM, 2014). Segundo o IBGE em 2017 2314 municípios (41,5% do total) possuíam Plano Municipal de Saneamento Básico, regulamentado ou não. A proporção de municípios com Planos, regulamentados ou não por estado é bastante desigual.

A Região Norte possui o segundo pior índice com relação a falta do plano de saneamento de saneamento básico. O município de Laranjal do Jari foi criado pela Lei Federal nº 7.639 de 17 de dezembro de 1987, desmembrando-se do município de Mazagão, De acordo com o IBGE 2018 Laranjal do Jari possui uma área de 30.782,998 km², o IBGE do ano de 2010 mostra que somente 10,6% da cidade possui esgotamento sanitário adequado para a população.

O município está sujeito a enchentes principalmente as residências localizadas próximas do rio denominado de “Beira”, de acordo com o Climate-data a média anual de pluviosidade é de 2244 mm um valor bem alto se comparado a média de pluviosidade do Brasil que é de 668 mm, O local apresenta graves problemas ambientais como infraestrutura precária, saneamento básico inexistente, baixas condições de habitabilidade, alta densidade de resíduos sólidos sem a coleta adequada, esgoto a céu aberto. Muitos destes problemas podem ser atribuídos à completa ausência de planejamento desde a criação do Município.

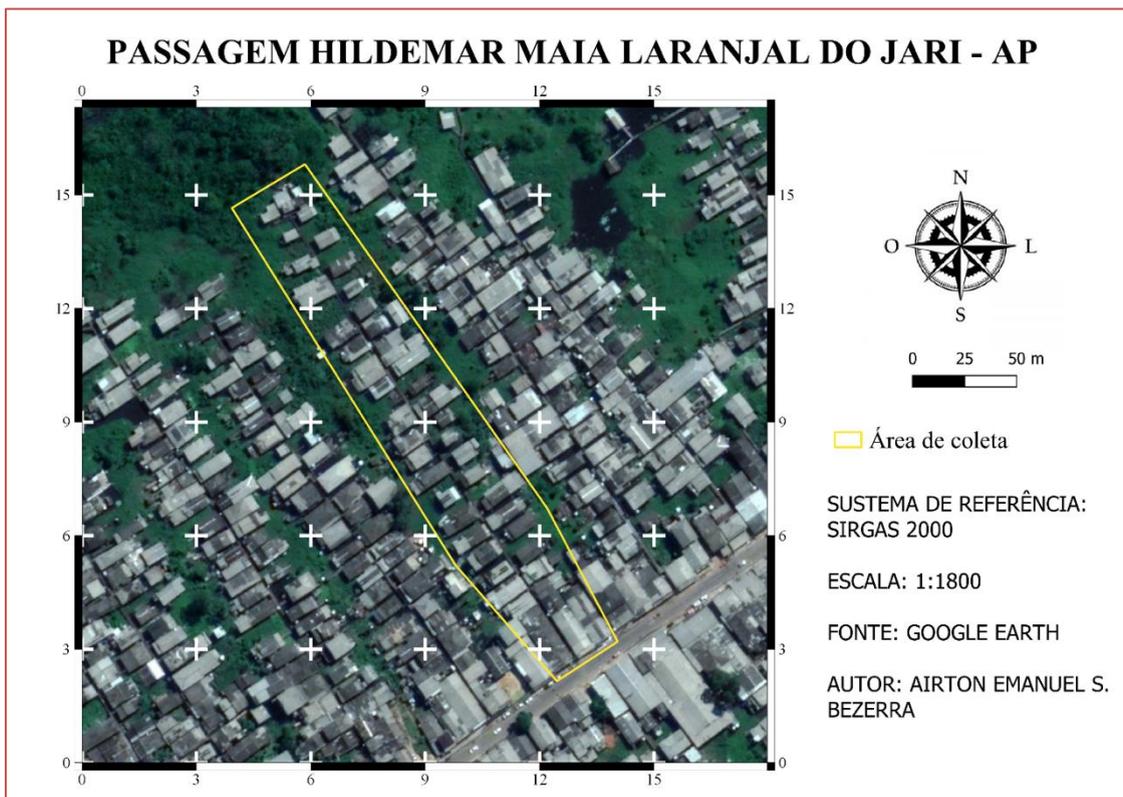
Atualmente o município não possui um Plano Municipal de Saneamento Básico. O saneamento é essencial à saúde humana, visto que a falta de tratamento adequado pode se tornar uma fonte de proliferação de doenças que mata milhões todos os anos, de acordo com o relatório da Organização Mundial da Saúde (OMS) cerca de três em cada 10 pessoas (2,1 bilhões) não têm acesso a água potável e disponível em casa e seis em cada 10, ou 4,5 bilhões, carecem de saneamento seguro.

O propósito da pesquisa é a avaliação da ausência do Plano Municipal de Saneamento básico e como isso pode afetar a população do município localizado no sul do estado Amapá e que consequências ambientais e sociais acarreta a população quanto ao acesso de água e saneamento básico em quantidade e qualidade.

2 METODOLOGIA

A passarela Hildemar Maia localiza-se no Bairro Centro Laranjal do Jarí – Amapá, hoje a passarela possui mais de 40 residências onde uma pequena parcela encontra-se desabitada.

Figura 1 – Área de aplicação do questionário.



Para a realização deste estudo, se deu início por meio de pesquisa bibliográfica, objetivando a identificação do tema em questão proposto, buscando autores e pesquisadores científicos, para que assim houvesse um maior entendimento sobre o assunto estudado. Conforme esclarece Boccato (2006, p. 266), a pesquisa bibliográfica busca a resolução de um problema (hipótese) por meio de referenciais teóricos publicados, analisando e discutindo as várias contribuições científicas.

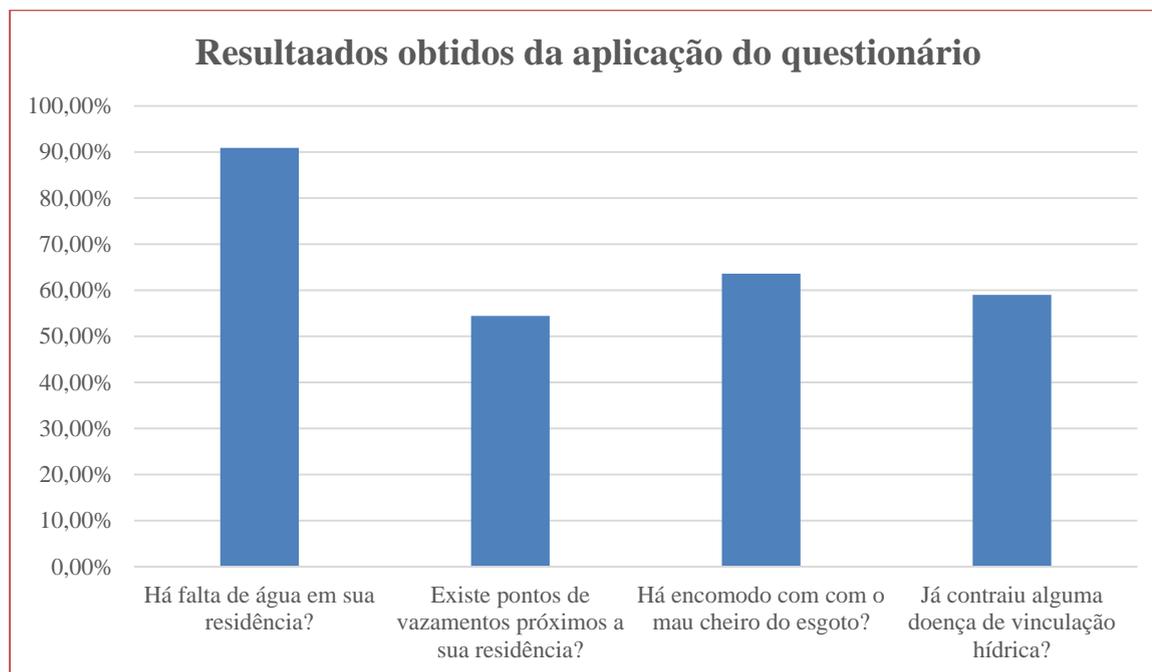
Esse tipo de pesquisa trará subsídios para o conhecimento sobre o que foi pesquisado, como e sob que enfoque e/ou perspectivas foi tratado o assunto apresentado na literatura científica. Para tanto, é de suma importância que o pesquisador realize um planejamento sistemático do processo de pesquisa, compreendendo desde a definição temática, passando pela construção lógica do trabalho até a decisão da sua forma de comunicação e divulgação.

O estudo se insere no campo da pesquisa quali-quantitativa, quando visa promover uma triangulação metodológica onde os dados qualitativos cumprem o papel de incorporar abordagens não possíveis de serem realizadas com dados quantitativos e vice-versa. A modalidade de pesquisa quali-quantitativa “interpreta as informações quantitativas por meio de símbolos numéricos e os dados qualitativos mediante a observação, a interação participativa e a interpretação do discurso dos sujeitos (semântica)” (KNECHTEL, 2014, p. 106).

O levantamento de dados foi realizado por meio de questionários sobre a situação do saneamento no local, como a falta de água, a existência de pontos de vazamento próximos a residências, se as residências estão ligadas a rede de esgoto, e qual a disposição final do esgoto, existe algum incômodo com relação ao mal cheiro, a ocorrência de doenças de vinculação hídrica, a renda dos moradores do local.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Gráfico 1 – Resultados obtidos com aplicação dos questionários.



Por meio dos resultados obtidos da pesquisa quando questionados sobre a falta de água demonstra que em 90,9% das residências possuem problemas quanto ao abastecimento de água, apesar do potencial hídrico existente no município no ocorre a falta de água devido ao desperdício e aos pontos de vazamentos na cidade, quando há água na maioria das vezes não possui força suficiente, sendo necessário o transporte manual, 54,4% das pessoas disseram que próximo a sua casa existia pontos de vazamento o que deve ao fato da precariedade do encanamento que a passarela possui.

Figura 2 – Fotos tiradas da passarela Hildemar Maia



Avaliar a democratização do acesso ao abastecimento de água, considerando apenas a forma de acesso à infraestrutura, tende a simplificar uma realidade complexa, dada a possibilidade de intermitência no fornecimento e, ou, na distribuição da água fora dos padrões de potabilidade pré-estabelecidos (GUARDIOLA et al., 2010; MAJURU et al., 2012).

Desse modo o atual cenário traz uma falsa sensação de universalização do acesso a água visto a infraestrutura e o atendimento são inadequados ou precários. Todo esgoto gerado pelas pessoas que residem na passagem é disposto diretamente no solo o que acaba caracterizando possível contaminação do lençol freático e do rio que fica próximo.

Quando se discutiu sobre o mal cheiro causado pelos esgotos cerca de 63,6% das pessoas admitiram que sim o odor do esgoto era desagradável. Quando questionados sobre a ocorrência de doenças de vinculação hídrica 59% das pessoas responderam que possuíram algum tipo de doença de vinculação hídrica dentre elas estão a diarreia, infecção intestinal, ameba, febre tifoide.

Em períodos de chuva fortes no chamado inverno amazônico as pessoas que residem na passarela sofrem com enchentes, devido ao grande índice pluviométrico e cheia dos rios, o que acarreta o aumento do nível da água que por fim acaba trazendo não só a água, mas também todo efluente contaminado de volta as residências, podendo estar relacionado diretamente ao aumento de doenças infecciosas de vinculação hídrica.

Um levantamento de dados junto ao Hospital Municipal de Laranjal do Jari mostrou que houve no município 5463 casos de diarreia de 2017 a 2018 e outros casos como leptospirose, febre e febre tifoide foram registrados 37 casos.

Quando questionados sobre a renda dos moradores no local de estudo a média ficou em torno de 1 salário mínimo, no total 17 moradores da passarela responderam sobre sua renda.

Gráfico 2 – Renda dos Moradores da passarela Hildemar Maia



No total 5,88% das pessoas responderam que sua renda ficava em torno de três salários mínimos, 11,78% teriam uma renda de até dois salários mínimos, 47,05% responderam que sua renda estava em torno de um salário mínimo e 35,29% dos moradores responderam que sua renda até meio salário mínimo.

Áreas onde existem fatores de risco são preteridas pelas camadas de renda superior, por isso se pressupõe que sejam ocupadas pela população de baixa renda. Portanto, a renda é um fator que influencia a localização das pessoas no espaço, na medida em que a população de menor poder aquisitivo, sem opção, está sujeita a residir em locais considerados danosos e mais expostas a riscos, comparado às populações de renda superior (HABERMANN; GOUVEIA, 2008).

Esses fatos, em sua maioria, são atributos, principalmente, à falta de prioridade nos investimentos em saneamento básico, em especial à coleta e ao tratamento de esgoto (OGERA; PHILIPPI JR, 2004), A falta de um Plano Municipal de Saneamento Básico em Laranjal do Renda dos Moradores da passarela Três salários Mínimos Dois salários mínimos Um salário mínimo e meio Até meio salário mínimo 8 Jari-AP traz consequências no saneamento local e injustiça ambiental, a falta de um plano do município aumenta a vulnerabilidade ambiental e social no local.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados apresentados no local de estudo demonstram a vulnerabilidade da região e a fragilidade dos serviços básicos que deveriam ser oferecidos a população como uma boa estrutura de saneamento básico, coleta e tratamento de esgoto, abastecimento domiciliar com água tratada, entre outros.

Essa precariedade de infraestrutura reforça a injustiça ambiental existente, que configura um problema da falta de universalização e equidade nos serviços prestados, comprometendo a qualidade de vida dos moradores e desencadeando possíveis problemas de ordem social em ambiental, como a degradação do meio onde vive e a proliferação de doenças.

REFERÊNCIAS

- [1] ACSELRAD, Henri; MELLO, Cecília Campello Amaral do; BEZERRA, Gustavo Neves das.
- [2] O que é justiça ambiental. Rio de Janeiro: Garamond, 2009.
- [3] ANA, Agência Nacional das Águas. Saneamento Básico. 2007. Disponível em: <<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/todos-os-documentos-doportal/documentossre/alocacao-de-agua/oficina-escassez-hidrica/legislacao-sobre-escassezhidrica/uniao/lei-no11-445-2007-saneamento-basico/view>>. Acesso em: 21 abr. 2019.
- [4] BOCCATO, V. R. C. Metodologia da pesquisa bibliográfica na área odontológica e o artigo científico como forma de comunicação. Rev. Odontol. Univ. Cidade São Paulo, São Paulo, v. 18, n. 3, p. 265-274, 2006
- [5] BULLARD, R. Enfrentando o racismo ambiental no século XXI. In: ACSELRAD, H.;
- [6] HERCULANO, S.; PÁDUA, J. A Justiça Ambiental e Cidadania. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 2004. p. 41-68.
- [7] CLIMATE-DATA. Clima Laranjal do Jari. Disponível em: <<https://pt.climatedata.org/america-do-sul/brasil/amapa/laranjal-do-jari-33756/>>. Acesso em:
- [8] 21 abr. 2019.
- [9] CNM, Confederação Nacional de Municípios -. Planos Municipais de Saneamento Básico. 2014. Disponível em: <[https://www.cnm.org.br/cms/biblioteca_antiga/Planos%20municipais%20de%20saneamento%20b%C3%A1sico%20\(2014\).pdf](https://www.cnm.org.br/cms/biblioteca_antiga/Planos%20municipais%20de%20saneamento%20b%C3%A1sico%20(2014).pdf)>. Acesso em: 20 abr. 2019.
- [10] GALVÃO JUNIOR, A. C.; PAGANINI, W. S. Aspectos Conceituais da Regulação dos Serviços de Água e Esgoto no Brasil. Eng. Sanit. Ambient., v. 14, n. 1, p. 79-88, 2009.
- [11] GUARDIOLA, J.; GONZÁLEZ-GÓMEZ, F.; GRAJALES, Á. L. Is Access to Water as Good as the Data Claim? Case Study of Yucatan. International Journal of Water Resources Development, v. 26, n. 2, p. 219-233. 2010.
- [12] HABERMANN, Mateus; GOUVEIA, Nelson. Justiça Ambiental: uma abordagem ecossocial em saúde. Rev. Saúde Pública, São Paulo, p.1105-1111, 2008. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rsp/v42n6/6968.pdf>>. Acesso em: 01 jun. 2019.
- [13] IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística -. Perfil dos Municípios Brasileiros: Aspectos gerais da gestão da política de saneamento básico. 2017. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101610.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2019.
- [14] IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística -. Perfil dos Municípios Brasileiros: Aspectos gerais da gestão da política de saneamento básico. 2010. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101610.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2019.
- [15] KNECHTEL, Maria do Rosário. Metodologia da pesquisa em educação: uma abordagem teórico-prática dialogada. Curitiba: Intersaberes, 2014.
- [16] OGERA, R. C.; PHILIPPI JR., A. Estudo da gestão municipal estadual de serviços de água e esgoto. In: ROMÉRO, M. A.; PHILIPPI JR., A.; BRUNA, G. C. Panorama ambiental da metrópole de São Paulo. São Paulo: Signus, 2004. P. 545-552.
- [17] OMS, Organização Mundial da Saúde; UNICEF, Fundo das Nações Unidas Para A Infância. relatório do Programa de Monitoramento Conjunto. 2017. Disponível em: <https://www.paho.org/bra/index.php?option=com_content&view=article&id=5458:oms-2-1-bilhoes-de-pessoas-nao-tem-água-potavel-em-casa-e-mais-do-dobro-nao-dispoemdesaneamento-seguro&Itemid=839>. Acesso em: 21 abr. 2019.

Capítulo 9

A captação e o reaproveitamento de água da chuva para fins não potáveis: Uma economia sustentável

*Reinaldo Pimentel Moreira Júnior
Gysely Souza Brito*

Resumo: O enfoque desta pesquisa é o reaproveitamento de águas pluviais tendo em vista a preservação da água ligada a um consumo sustentável e benéfico ao consumidor. A presente pesquisa foi desenvolvida a partir de um estudo de caso, uma residência que dispunha de um alto custo no consumo de água e buscava alternativas para reduzi-lo. Foi monitorado o consumo médio de água em atividades de fins não potáveis (irrigação, limpeza, descarga). A partir disso, fez-se instalação de um sistema de captação pluvial e, por conseguinte, foi realizado um acompanhamento gradativo dos gastos com o consumo de água durante 6 meses. Foi realizada uma avaliação em relação aos gastos dos 6 meses anteriores sendo correlacionados aos gastos de 6 meses posteriores à instalação do sistema de captação pluvial, determinando assim o quão eficiente foi o projeto na redução de tais custos e se o mesmo consegue suprir a necessidade de água para fins não potáveis.

Palavras-Chave: Economia. Água. Reaproveitamento. Sustentabilidade.

1. INTRODUÇÃO

A escassez de água é um assunto cada vez mais frequente nos grandes centros urbanos e industrializados, o que acaba colocando em risco as metas de desenvolvimento regional e do país.

Outrossim, a palavra sustentabilidade, vem se tornando um ponto de partida, no sentido de desenvolver práticas objetivando o uso consciente dos recursos naturais.

No tocante à água, isso tende a ampliar a eficiência hídrica, tendo em vista estratégias de captação e reaproveitamento de água da chuva. A diminuição do consumo de água tratada da rede pública também promove a redução de custos. Este foi o enfoque desta pesquisa.

É fato que a água é o principal e indispensável recurso para a sobrevivência humana, que no momento constitui em um perigo de escassez eminente a partir do crescimento demasiado e muitas vezes indiferente, em relação ao seu uso. Portanto, é essencial que seja focado este problema.

Também é objetivo desta pesquisa despertar a consciência de que a água é um bem finito e deve ser protegido e preservado, de modo que ajude a todos os seres vivos existentes na natureza, inclusive o ser humano, seu principal devastador.

De acordo com Mierzwa e Hespanhol (2005, p.12):

a utilização da água da chuva além de trazer o benefício da conservação da água e reduzir a dependência excessiva das fontes superficiais de abastecimento, reduz o escoamento superficial, minimizando os problemas com enchentes, buscando garantir a sustentabilidade urbana, o que só será possível através da mobilização da sociedade em busca do uso apropriado e eficiente da água.

No estado do Amazonas, o índice pluviométrico é superior a 2000 mm ao ano e a água pluvial está dentro dos parâmetros da resolução 357/05 do CONAMA, o que a torna ideal para ser utilizada em fins não potáveis.

A cultura de um povo não é algo que se modifique de ímpeto, é necessário todo um processo de mudança, é preciso colocar em prática novas medidas que eduquem por meio de ações locais, melhorando o global. Segundo Tomaz (2003), medidas são as tecnologias e mudanças de comportamento, chamadas de práticas, que resultam no uso mais eficiente da água, aqui salientando a prática de novos hábitos, hábitos sustentáveis no que diz respeito ao uso da água. Estes hábitos sustentáveis poderiam se estender à população em geral, viabilizando essas práticas usando de políticas públicas, o que acarretaria em uma possível solução para diversos problemas já relatados.

2. METODOLOGIA

A presente pesquisa foi desenvolvida a partir de um estudo de caso, através de uma residência que é localizada na Rua 46, n. 91, Japiim I, na cidade de Manaus. A mesma dispunha de um alto custo no tocante ao consumo de água e buscava alternativas para reduzi-lo.

Foi executado um levantamento para determinar qual o consumo médio de água em atividades de fins não potáveis (irrigação, limpeza, descarga). A partir disso, fez-se instalação de um sistema de captação pluvial e foi realizado um acompanhamento gradativo dos gastos com o consumo de água durante 6 meses.

Realizaram-se atividades as quais exigiam água para fins não potáveis, sendo mensurado no hidrômetro o gasto mensal de tais atividades e sendo determinado o quanto tais atividades representaram no mês através da fórmula: $[(\text{Gasto mensal das atividades}) / (\text{Gasto mensal de água})] * 100$.

No tocante ao método para determinar a redução dos custos com o consumo de água, executou-se uma avaliação da redução através da seguinte fórmula: $[(\text{gasto semestral sem o sistema de captação} - \text{gasto semestral com o sistema de captação}) / \text{gasto semestral sem o sistema de captação}] * 100$.

Figura 1 – Sistema de Captação de Água



Fonte: Própria

A figura 1 mostra o sistema de captação, bem como os equipamentos para o estoque de água da chuva.

Tabela 1 - Custos para realização do projeto

Item	Unidade	Preço (R\$)
Filtro VF1	2	3500
Tubulação Tigre (5 metros)	4	60
Caixa d'água 1000 litros	2	485,4
Torneira articulada Corona	2	322,91
Mão de obra para instalação	2	700
Total em R\$: 5068,31		

(Elaboração Própria)

A tabela de custos do projeto foi elaborada a partir dos materiais que foram usados, para correlacionar os custos com o lucro após o projeto.

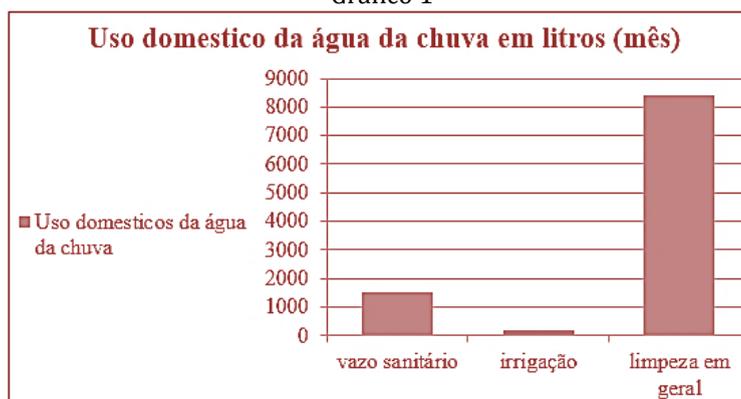
3.RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tabela 2 - Perfil de consumo

Moradores da Casa	4 pessoas
Previsão de gasto de água potável diário total	De 500 a 600 litros
Demanda de água da chuva (uso doméstico em geral)	10.080 litros por mês

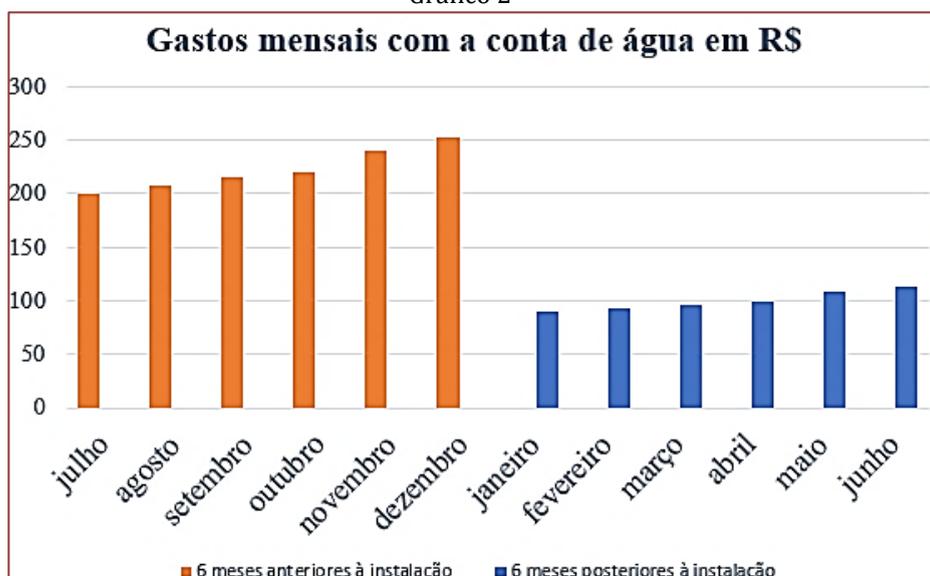
(Elaboração Própria)

Gráfico 1



(Elaboração Própria)

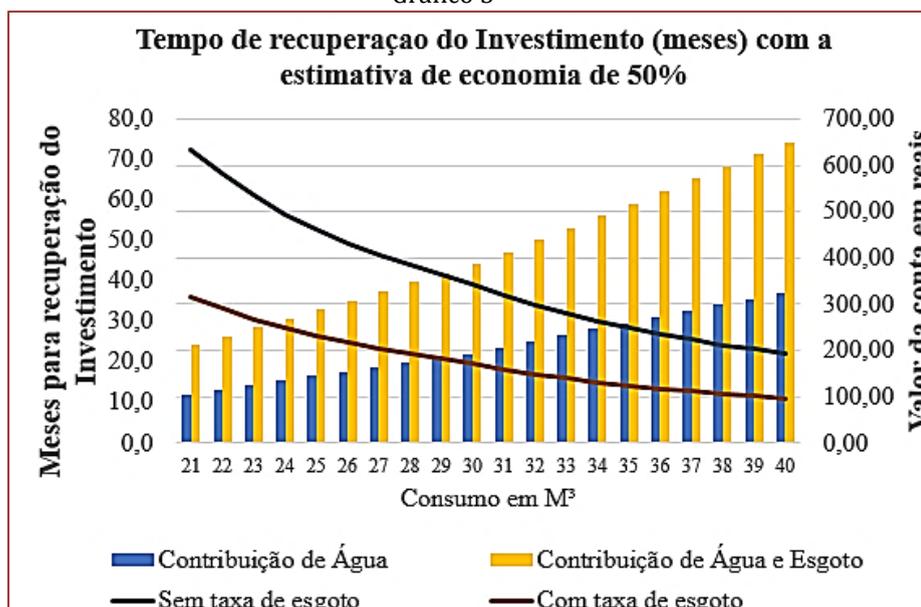
Gráfico 2



(Elaboração Própria)

A tabela 2 e o gráfico 1 mostram o uso da água da chuva na residência. Nas atividades de limpeza, irrigação e descarga durante um mês foram utilizados em média 10.080 litros de água reaproveitada. O Gráfico 2, mostra os gastos mensais com a conta de água durante os 6 meses anteriores à implantação do sistema de captação, e os 6 meses posteriores, para apontar a redução nos custos. Os gráficos 3 e 4 mostram uma estimativa dos custos dos serviços de água e esgoto a partir da quantidade de água consumida (em m³). A partir desses valores, também foram demonstrados as curvas do tempo de retorno (em meses) do investimento no sistema de captação de água.¹

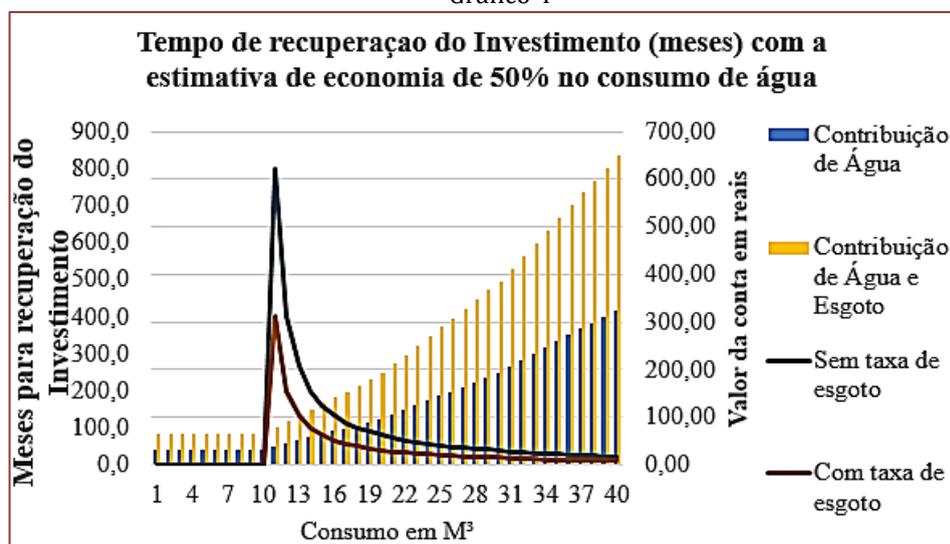
Gráfico 3



(Elaboração Própria)

¹ Os dados presentes nos gráficos 3 e 4 são com base nas faixas de consumo exponenciais pertencentes a empresa de água Manaus Ambiental, tendo como referência os valores de outubro de 2018.

Gráfico 4



(Elaboração Própria)

Em suma, os resultados obtiveram os seguintes benefícios: houve redução de 45% no valor da conta de água após 6 meses de implantação do sistema, totalizando uma economia de 736 R\$. Portanto, os gastos do projeto seriam ressarcidos em 7 semestres após a instalação do sistema, nessa residência. Em relação à redução no consumo de água potável, foram economizados, em média, 10.080 litros ao mês.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao final deste projeto, partindo de uma análise geral, observou-se que quanto maior é o consumo de água da casa, maior a economia em R\$, e também maior é a taxa em relação à metragem cúbica. Contudo, mesmo com faixas de consumo em que o retorno do investimento seja demorado, ainda assim o projeto se justifica por sua importância ambiental.

REFERÊNCIAS

- [1] Ana. Agência Nacional de Águas. Pluviosidade no Estado do Amazonas. Disponível em:
- [2] www.ana.gov.br. Acesso em: 02/10/18.
- [3] Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Meio Ambiente, Conama. Resolução Conama nº 357, de 17 de março de 2005. Disponível em: <http://www.mma.gov.br>. Acesso em: 02/10/2018.
- [4] Mierzwa, J. C.; Hespanhol, I. Água na Indústria: Uso Racional e Reuso: 1º ed. São Paulo: Oficina de Texto, 2005.
- [5] Tomaz, P. Aproveitamento de Água de Chuva – Para Áreas Urbanas e Fins não Potáveis. São Paulo: Navegar Editora, 2003.

Capítulo 10

Sistema de aproveitamento de águas pluviais em comunidades de baixa renda – Estudo de caso na Rocinha

Monique de Barros Melo

Jorge Henrique Alves Prodanoff

Rafael Kelman

Tarcisio Luiz Coelho de Castro

Resumo: Este artigo propõe soluções de baixo custo para a gestão de águas pluviais em comunidades, cuja infraestrutura precária e falta de espaço disponível dificultam intervenções de engenharia. Apresenta um estudo de caso no Rio de Janeiro, no qual foi proposto um sistema de armazenamento para cada domicílio. Tal sistema é capaz de reduzir os volumes de escoamento ao captar água da chuva, minimizar o problema ambiental causado pelos resíduos sólidos carregados até corpos hídricos próximos e aumentar ainda a disponibilidade de água, complementando o sistema de abastecimento. A otimização do tanque de armazenamento foi realizada com auxílio do modelo *RainCycle Advanced*© *Rainwater Harvesting Hydraulic Simulation & Whole Life Costing Tool v2.0* e os hidrogramas, gerados através de modelagem matemática no *Storm and Sanitary Analysis*. Os custos de implantação dos tanques foram avaliados em detalhes, assim como foi proposta uma geometria compacta de instalação destes dispositivos junto às paredes das residências, adequando-se ao reduzido espaço existente entre as construções. Os resultados das simulações indicam que o sistema proposto é uma solução promissora por seus benefícios econômicos e socioambientais.

Palavras-Chave: Aproveitamento de Águas Pluviais, uso racional

1. INTRODUÇÃO

A Rocinha, como a maior parte das comunidades de baixa renda, encontra-se consolidada, ainda que os problemas relativos ao seu rápido crescimento desordenado permaneçam, tais como serviços urbanos de drenagem, abastecimento de água potável, e tratamento de resíduos. Para reintegrar essas áreas à cidade, várias tentativas de urbanizá-las têm sido feitas. Entretanto, levando-se em conta que são áreas informais, não planejadas, com pouco espaço para infraestrutura de serviços, há uma grande dificuldade de colocar em prática as intervenções necessárias.

Em época de fortes chuvas os problemas observados nas ocupações irregulares de encostas se tornam mais evidentes pelo aumento da vazão de pico e escoamento dos resíduos sólidos que diminuem a capacidade de transporte das galerias. O transtorno se propaga para o entorno via transporte de sedimentos e esgotos até a Lagoa Rodrigo de Freitas e Praia de São Conrado, regiões de alto valor imobiliário da cidade. Assim os prejuízos são tanto relativos aos acidentes nas comunidades como de regiões valorizadas do entorno. A solução aqui proposta é a captação e o aproveitamento de água da chuva, com a redução do volume de escoamento e pico das cheias. Outras vantagens são o aumento da oferta de água e queda de custos operativos.

2. ESTUDO DE CASO

O Rio de Janeiro é a cidade com a maior população vivendo em aglomerados subnormais do país. São 763 comunidades, ou 22% da população da cidade (1,4 milhão de pessoas). Estes números aumentam 2,4% a cada ano, enquanto a população morando em áreas formais aumenta a uma taxa de apenas 0,38% no resto da cidade (IBGE, CENSO 2010).

O estudo de caso ocorre na comunidade de baixa renda da Rocinha (Figura 1), com mais de 100 mil habitantes em estrutura urbana ultradensa com a verticalização de centenas de edificações. A localização em encosta dificulta a mobilidade interna, o atendimento de serviços básicos e a implantação da infraestrutura. O descontrole da ocupação ameaça a floresta e aumenta riscos nos talvegues ocupados. Há ainda consequências à saúde dos moradores e impacto aos bairros vizinhos. A área ocupada pela Rocinha é de 85 hectares situada entre as cotas 10m e 235m. Tem como principal via de acesso a Estrada da Gávea, que liga as porções norte (Gávea) e sul (São Conrado) da comunidade. É vizinha ainda da Lagoa Rodrigo de Freitas.

Figura 1 – Limites da Rocinha à esquerda e relevo da comunidade à direita.



3.METODOLOGIA

3.1.DETERMINAÇÃO DA ÁREA DE CAPTAÇÃO

Para analisar o volume de água amortecido é preciso estimar a área total de captação, ou seja, área aproveitada dos telhados para a coleta de água de chuva. Foram consideradas apenas as residências da comunidade. A área a ser determinada é plana e inclui beirais. As edificações foram delimitadas através de arquivo *dxf* (Figura 2), fornecido pelo Instituto Pereira Passos (IPP). Um software CAD processou o arquivo para calcular as áreas de telhados residenciais. Do total de 25.352 residências do CENSO 2010, 9.732 faziam parte do arquivo da IPP (residências térreas), contabilizando 38 hectares.

Figura 2 – Limites da Rocinha e representação das residências térreas – dxf, IPP

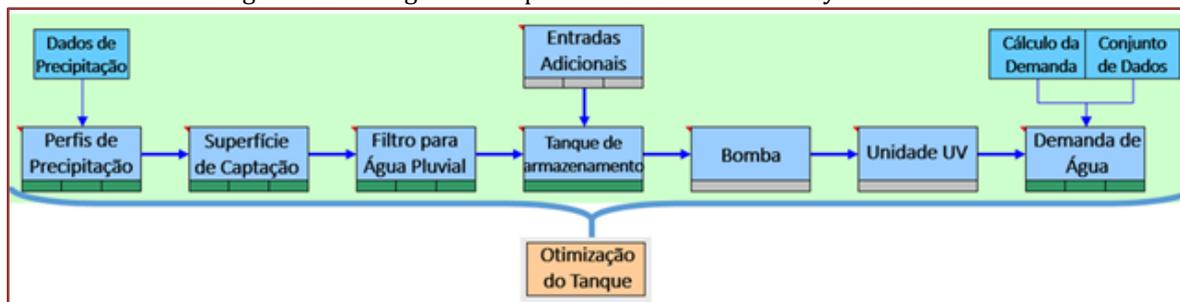


Levando em consideração que, para telhados, estima-se um coeficiente de escoamento variando entre 0,70 e 0,95, foi adotado um *runoff* de 0,80. Em relação ao volume gerado pelos instantes iniciais da chuva, que deve ser desprezado, o dispositivo adotado para *first-flush* foi um tubo vertical de 125 mm de diâmetro com válvula esférica, desprezando-se, assim, os primeiros 24,5 litros de água, como sugere o *Guidance on the use of rainwater tanks* (CUNLIFFE, D. A., 1998). Uma espécie de filtro caseiro é proposto, capaz de reter folhas e sedimentos maiores. Seria formado por tubos de PVC e tela de mosquiteiro.

3.2.SIMULAÇÃO E OTIMIZAÇÃO DO TANQUE DE ARMAZENAMENTO

A avaliação do sistema foi feita com o modelo *RainCycle Advanced*© *Rainwater Harvesting Hydraulic Simulation & Whole Life Costing Tool v2.0* (Figura 3), desenvolvido por Richard Roebuck (2005) e consagrado na literatura como mais adequado para esta classe de aplicação.

Figura 3 – Fluxograma simplificado do modelo RainCycle Advanced



Os seguintes critérios de seleção foram utilizados para determinar os elementos do modelo hidrológico:

- Deve afetar diretamente o volume de água captada ou fornecimento de água potável;
- Possuir um componente de custo;
- Ter efeito significativo sobre o desempenho hidrológico e/ou financeiro.

Os componentes então levados em consideração foram a precipitação, a superfície de captação, o separador da primeira descarga, os filtros, tanques de armazenamento e a demanda de água não potável. Foram avaliadas as séries históricas de chuvas no Rio de Janeiro de 2002 a 2012 (dados do INMET). Foram escolhidas séries históricas dos anos com dados consistidos com média anual próxima de três referências: 1418mm/ano (acima da média, como em 2005), 1073mm/ano (média, como em 2004) e 888mm/ano (abaixo da média, como em 2011).

3.3.CÁLCULO DA DEMANDA

Como a proposta é reduzir a demanda de água foi avaliada o uso para descarga sanitária de banheiros ou para limpeza. Essa demanda foi calculada considerando o uso de descargas em vasos sanitários. Considerou-se 5 pessoas por residência, 4 descargas por pessoa por dia e consumo de 8 litros de água por acionamento da descarga. A demanda total é 0,16 m³/dia ou 58 m³/ano foi estimada, assumida constante ao longo do ano.

3.4.OTIMIZAÇÃO DO VOLUME DE ARMAZENAMENTO

A função deste módulo é estimar a fração da demanda de água que pode ser atendida com tanques de armazenamento de diferentes tamanhos aplicados às áreas de captação. Foram analisados tanques de 1 a 4m³ por residência. Os resultados recomendam a utilização de tanques de 2 m³ com 48% da demanda sendo atendida (Figura 4). Trata-se de valor significativo, levando em conta a dificuldade de abastecimento em determinadas regiões da Rocinha. Ganhos marginais menores não compensariam a instalação de volumes maiores. Os resultados da análise hidráulica anual são apresentados na Figura 5.

Figura 4 – Resultados da otimização do tanque

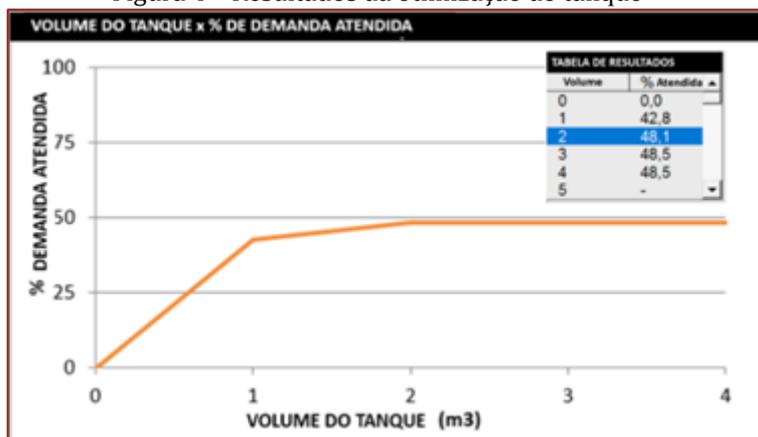


Figura 5 – Resultados da análise Hidráulica anual

Mês	Precipitação (mm)	Demanda (m ³)	Demanda Atendida (m ³)	Déficit (m ³)
Janeiro	113	5	3	1
Fevereiro	142	4	3	2
Março	65	5	2	3
Abril	102	5	3	2
Maio	44	5	1	4
Junho	28	5	1	4
Julho	166	5	3	1
Agosto	17	5	1	4
Setembro	1	5	0	5
Outubro	83	5	2	3
Novembro	169	5	3	2
Dezembro	145	5	5	0
Total	1.074 mm/ano	58m ³ /ano	28m ³ /ano	30m ³ /ano

3.5.AVALIAÇÃO DAS ALTERNATIVAS DE ARMAZENAMENTO

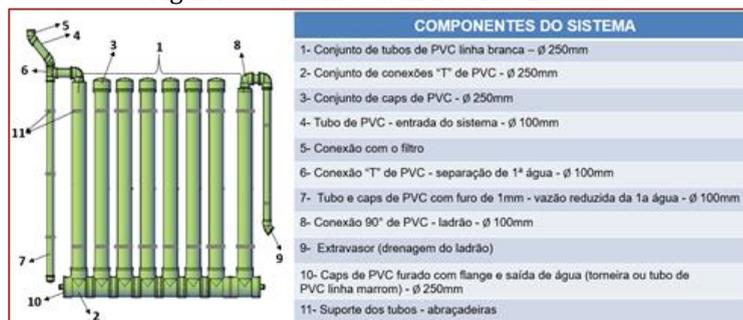
Sendo o volume de armazenamento igual a 2m³, a instalação do sistema nos cerca de 25 mil domicílios da Rocinha seria inadequada, uma vez que as residências não térreas não possuem capacidade para suportar tal carga estrutural. Assim, considerou-se a implementação do sistema apenas nas 9,7 mil residências assentadas no solo com os tanques apoiados sobre uma base que pode ser de alvenaria.

A falta de espaço livre disponível para posicionamento do tanque de armazenamento demanda uma solução criativa e versátil. Duas alternativas de solução para o armazenamento foram propostas visando à facilidade de instalação e o menor custo possível.

ALTERNATIVA 1

Sistema composto por tubos em PVC (Figura 6). A água captada por calha seria armazenada nos próprios tubos dispostos verticalmente. Para melhoria mínima da qualidade da água, o sistema conta com *First-flush*, dispensando a primeira água que traz bastante impurezas depositadas no telhado pela poluição atmosférica. O sistema possui também um extravasor que dispensa a água quando o volume total do sistema é atingido. O reservatório tubular vertical teria uma saída para encher a caixa de descarga do vaso sanitário e a possibilidade de instalação de duas torneiras permitindo a obtenção de água para lavagem das calçadas por exemplo. Sistema similar foi desenvolvido e testado por Zens e David (2014), sob outras condições. O sistema modular é fácil de instalar e disponível a baixo custo no mercado. Adequa-se a qualquer extensão lateral de parede da residência. Seu dimensionamento é apresentado a seguir.

Figura 6 – Sistema tubular vertical



Para analisar a viabilidade do sistema, foi feito um orçamento preliminar, chegando-se ao custo unitário de R\$ 4500 e custo total de implantação de R\$ 44 milhões.

ALTERNATIVA 2

Tanque compacto de armazenamento (tanque *Slim Fortlev*) (Figura 7) com a mesma capacidade de armazenamento anterior (2m^3), sendo estas as menores dimensões encontradas no mercado, apresentadas no esquema a seguir.

Figura 7 – Vistas do tanque compacto, dimensões e custo de implantação da alternativa 2

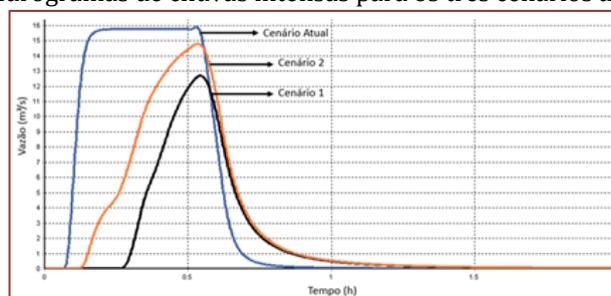


Apesar do maior investimento inicial, a Alternativa 1 apresenta vantagem sobre a Alternativa 2 por ocupar apenas 25cm de profundidade (contra 45cm da Alternativa 2). O sistema da Alternativa 1 é modular e permite flexibilidade para a montagem, não necessitando de uma extensão fixa lateral para sua instalação. Vale ressaltar que uma queda nos valores de ambos os orçamentos é provável, uma vez que haja uma grande demanda por estes sistemas.

3.6.AMORTECIMENTO DA CHEIA

O maior volume de água da chuva que escoou pela Rocinha desagua na praia de São Conrado. Dessa forma, foi estudada a região da comunidade que se estende desde a cumeada até o exutório da bacia. Para avaliar o amortecimento da cheia urbana advindo da implantação dos tanques, foram simuladas três situações: (i) Cenário Atual; (ii) Cenário 1: os tanques instalados estão vazios (ideal para amortecer as chuvas); (iii) Cenário 2: os tanques estão 50% cheios ao início da chuva intensa. Os hidrogramas (Figura 8) foram calculados pelo *Storm and Sanitary Analysis*, da Autodesk. Para o cálculo da chuva de projeto, foi utilizada curva IDF adequada, com Tempo de Recorrência igual a 10 anos e duração de chuva de 30 minutos.

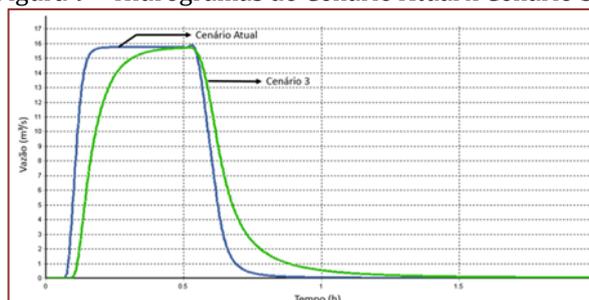
Figura 8 – Hidrogramas de chuvas intensas para os três cenários avaliados



O Cenário 1 consegue reduzir a vazão máxima em 20% com respeito ao Cenário Atual. Esta redução diminui para 7% se considerarmos o Cenário 2 (tanques a 50%). A área sob o gráfico corresponde aos volumes escoados. Além de reduzir o pico, os volumes retidos podem ser aproveitados oportunamente na descarga dos vasos sanitários (uso não nobre). O volume armazenado corresponde a 45% do volume total escoado no Cenário Atual.

Também foi simulada a situação em que todos os tanques estão cheios ao início da precipitação (Cenário 3). Esta situação, comumente denominada de armazenamento na calha, provoca sobre-elevação nos tanques responsável por pequeno retardo na hidrógrafa, exercendo influência no escoamento, ainda que sem reservar água (Figura 9).

Figura 9 – Hidrogramas do Cenário Atual x Cenário 3



3.7. ANÁLISE ECONÔMICA

Com a implantação dos tanques o volume de água armazenado deixa de ser bombeado pela concessionária, proporcionando economia de energia e água. Para uma análise econômica detalhada seria necessário conhecer a rede de abastecimento existente no local, o que não foi possível no âmbito deste trabalho. Em função da grande declividade média da Rocinha admitimos como estimativa inicial que o abastecimento de água se restringe às residências em cota inferior a 100m e considerando custos estimados para oferta de água e energia elétrica resultam em economia anual de R\$ 1,8 milhão, sendo a maior parte (90%) devida à redução do serviço de água.

4. CONCLUSÃO

O presente trabalho avaliou um sistema de aproveitamento de águas pluviais para a comunidade da Rocinha, no Rio de Janeiro. O estudo avaliou aspectos socioambientais e econômicos. No primeiro grupo, os benefícios incluem um aumento da garantia de cobertura de abastecimento de água, a diminuição das áreas de alagamento e a diminuição de carreamento de resíduos sólidos depositados nas ruas públicas, reduzindo o risco de serem carreados para a praia de São Conrado. Na parte econômica registra-se a redução do consumo energético associado ao bombeamento de água pela concessionária local e, principalmente, custo de produção e transporte da água.

Os resultados da simulação mostraram que o sistema de armazenamento de águas pluviais proposto funciona como amortecedor do pico da cheia urbana, com redução de 20% sobre a vazão máxima drenada na comunidade se os tanques começarem vazios ao início das chuvas e de 7% se começarem a 50% de capacidade. Considerando os sistemas de armazenamento vazios antes da chuva intensa os resultados indicam uma capacidade de armazenamento de cerca de 45% do volume total a ser drenado em direção a São Conrado. Para eventos mais frequentes, ou seja, com tempo de recorrência menor que 10 anos, os reservatórios seriam ainda mais eficientes. Ademais, a água armazenada atende 48% da demanda residencial admitida para uso não potável, mais especificamente nas descargas nos banheiros das unidades residenciais. Estimou-se uma economia anual de R\$ 1,8 milhão relativo aos serviços públicos de água e energia elétrica.

O exercício apresentou benefícios econômicos e ambientais relevantes relativos a um sistema que aproveita as águas pluviais na Rocinha. Vale destacar que esta conclusão é extensível a outras comunidades, haja visto a simplicidade da solução proposta, com benefícios à qualidade de vida dos habitantes das comunidades e redução dos impactos negativos, inclusive ambientais, à rede de drenagem à jusante.

REFERÊNCIAS

a) Artigo em anais de Congresso ou Simpósio

[1] Campisano A. and Modica C. (2011). Regional evaluation of the performance of rooftop rain water harvesting systems for domestic use. Proceedings of the 12nd International Conference on Urban Drainage. Porto Alegre, Brazil, Sept. 2011.

b) Capítulo de livro

[1] Cunliffe, D. A., 1998. Guidance on the use of rainwater tanks-National Environmental Health Forum Monographs, Water Series No. 3. Openbook Publishers, Australia.

c) Artigo Eletrônico

[1] IBGE. Censo 2010. [online]. Disponível em: www.ibge.gov [Acessado em outubro, 2016].

[2] Instituto Pereira Passos – Arquivo digital da Rocinha.

Prefeitura do Rio de Janeiro [online]. Disponível em: www.rio.rj.gov.br. [Acessado em outubro, 2016].

Capítulo 11

Proposta de implantação de sistema de aproveitamento de água de chuva e análise comparativa dos métodos de dimensionamento de reservatório segundo a NBR 15527:2007

Inês Belotti de Lemos

Pedro de Souza Garrido Neto

Aline Pires Veról

Marcelo Gomes Miguez

Elaine Garrido Vazquez

Resumo: Diante do cenário atual de desequilíbrio do planeta, recursos como a água vêm dando sinais de escassez. Com isso, têm surgido soluções alternativas que otimizam o seu consumo. Uma das possíveis alternativas é a implantação de sistema de aproveitamento de água de chuva. O objetivo deste trabalho é apresentar uma análise comparativa dos 6 métodos de dimensionamento de reservatório propostos pela Norma Brasileira NBR 15527/2007. O método deste trabalho consiste na proposta de implantação de um sistema de aproveitamento de água da chuva no Bloco D do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro e na análise dos métodos recomendados por esta norma. Como principal resultado, este trabalho demonstra as dificuldades para a escolha do método de dimensionamento do reservatório e também indica a necessidade de revisão da norma para uma melhor orientação para os profissionais da área.

Palavras-Chave: aproveitamento de água de chuva; NBR 15527; reservatório.

1. INTRODUÇÃO

Durante séculos os recursos naturais foram explorados pelo homem sem a preocupação de que um dia poderiam faltar. No entanto, com o aumento da população mundial, e o conseqüente aumento da demanda por recursos, começaram a aparecer os sinais de desequilíbrio ambiental. Segundo Keeler e Burke (2010), hoje o consumo de recursos naturais pela humanidade ultrapassa a capacidade de regeneração do planeta.

Dentre os recursos naturais, um que tem ganho grande destaque e preocupação é a água, dada a sua importância para a sobrevivência da humanidade. Apesar de abundante no meio ambiente, na forma potável a mesma encontra-se limitada e escassa. Alguns dos fatores que contribuem para os problemas de falta de água potável disponível para a população são o crescimento do consumo de água, o uso inadequado da mesma, as mudanças climáticas que alteram o ciclo hidrológico, e a poluição das reservas hídricas (DALSENTER, 2016).

Um outro fator agravante é o desequilíbrio geográfico que existe entre a oferta de água e a sua necessidade, o que acaba ocasionando as crises de abastecimento em determinadas regiões. No Brasil, de acordo com Tomaz (2015), a região Sudeste é a que apresenta o maior índice populacional do país e no entanto dispõe apenas de 6,0% dos recursos hídricos. Já a região Norte concentra 68,5% dos recursos hídricos e apresenta uma pequena parcela da população total do país.

Dadas as circunstâncias, tornou-se necessária a busca por soluções capazes de amenizar a escassez hídrica nos centros urbanos. Algumas das medidas que podem ser empregadas para a otimização do consumo de água são: a medição de água individualizada, a utilização de aparelhos e equipamentos economizadores, a própria conscientização dos usuários através do uso racional da mesma, além da busca por fontes alternativas de água. Uma das possíveis fontes alternativas pode ser a implantação de um sistema de aproveitamento de água de chuva, que será o tema discutido neste trabalho.

Um sistema de aproveitamento de água da chuva pode ser feito através da captação de água na cobertura de uma edificação, que posteriormente deverá ser armazenada em um reservatório para então ser distribuída para os pontos de utilização. Esta água captada poderá ser destinada a usos não potáveis, como por exemplo, descargas de vasos sanitários, irrigação de jardins e lavagens de roupa, pisos e carros. Também é possível utilizar a água para consumo potável, desde que seja feito um tratamento específico.

Com a captação de água da chuva para usos não potáveis há uma economia no consumo de água potável, já que uma parte da água fornecida pelos sistemas públicos de abastecimento não estará sendo utilizada. Segundo Tomaz (2015) pesquisas mostram que a captação de água da chuva reduz em 30% o consumo de água potável proveniente do sistema de abastecimento.

Para Tomaz (2010), os países mais empenhados no aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis são o Japão e a Alemanha. No entanto, países como os Estados Unidos, Austrália e Singapura também vêm desenvolvendo pesquisas na área de aproveitamento de água pluvial.

Souza (2015) afirma que atualmente o interesse pelo aproveitamento de água da chuva vem aumentando no cenário nacional. Diversas cidades brasileiras como o Rio de Janeiro, São Paulo, Maringá e Curitiba estão promovendo legislações municipais que incentivam estas práticas.

Perante este cenário propaga-se a ideia de mudança através da conscientização da população sobre a importância do uso racional da água e da busca por fontes alternativas da mesma. O tema de aproveitamento de água da chuva surge como uma das soluções para economizar água potável, e evitar o desperdício da mesma. A água a ser utilizada, por exemplo, em descargas de vasos sanitários, irrigação de jardins e lavagens em geral não necessita ser potável, podendo ser substituída por água não potável, como é o caso da água da chuva.

Em 2007, foi publicada a norma técnica brasileira específica para o aproveitamento de água da chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis, a NBR 15527 (ABNT,2007). A mesma é utilizada como referência e fornece requisitos para a instalação deste sistema, parâmetros de qualidade da água, manutenção do sistema e 6 métodos de dimensionamento de reservatórios de água da chuva: Método de Rippl, Método da Simulação, Método Azevedo Neto, Método Prático Alemão, Método Prático Inglês e Método Prático Australiano.

2.OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é apresentar a importância e as principais características de um sistema de aproveitamento de água de chuva para usos não potáveis e fazer uma análise comparativa dos 6 métodos de dimensionamento de reservatório recomendados pela NBR 15527:2007, norma específica de aproveitamento de água da chuva em coberturas de áreas urbanas para fins não potáveis.

3.MÉTODO

No presente estudo de caso é proposto o dimensionamento de um reservatório de aproveitamento de água da chuva, para usos não potáveis, para o Bloco D do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, localizado na Ilha do Fundão, cidade do Rio de Janeiro. A captação da água da chuva foi projetada para a área da cobertura do Bloco D e com finalidade de atender as descargas de vasos sanitários e mictórios dos banheiros coletivos do 2º andar. Este 2º andar é frequentado, em sua maior parte, por alunos dos cursos de engenharia civil e ambiental.

Segundo Souza (2015), o Brasil não possui uma lei específica para o aproveitamento de águas de chuva. Cabe a cada estado e município instituírem leis sobre a captação de água pluvial.

Em 2007, foi publicada a norma técnica específica para o aproveitamento de água da chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis, a NBR 15527. A referida norma fornece requisitos para a instalação deste sistema, parâmetros de qualidade da água, manutenção do sistema e 6 métodos de dimensionamento de reservatórios de água da chuva: Método de Rippl, Método de Simulação, Método Azevedo Neto, Método Prático Alemão, Método Prático Inglês e Método Prático Australiano.

Neste estudo serão comparados os 6 métodos de dimensionamento da NBR 15527/2007, para então avaliar a melhor alternativa a ser aplicada.

Segundo Tomaz (2015) os principais componentes de um sistema de captação de água da chuva são os seguintes: área de captação, calhas e condutores, First Flush, peneira e reservatório. Segundo May (2004), o dimensionamento do reservatório é de extrema importância para que a implantação do sistema de aproveitamento de água da chuva se viabilize economicamente, sendo o componente mais caro do sistema.

Amorim e Pereira (2008) descrevem que, para o dimensionamento do reservatório, deve ser feito um levantamento dos seguintes dados: precipitação do local, área de captação, coeficiente de escoamento superficial (ou *runoff*) e demanda de água não potável.

Os registros pluviométricos devem ser obtidos em estações meteorológicas o mais próximo da instalação do sistema. O período de aquisição dos dados deve ser no mínimo de 5 anos.

Segundo Oliveira et al. (2014), as áreas de captação de água da chuva são geralmente os telhados das edificações, podendo também ser lajes ou pisos. Pela NBR 15527 a área de captação a ser considerada para dimensionamentos é a área, em metros, projetada na horizontal da superfície impermeável da cobertura aonde a água da chuva é captada (ABNT, 2007).

Segundo Tomaz (2015) há uma variação entre o volume de água precipitado e o volume que será coletado. O coeficiente de *runoff* ou coeficiente de escoamento superficial, é a relação entre o volume de água de chuva que esco superficialmente e o volume total de água precipitada no telhado, que irá variar de acordo com a superfície. Essa perda de água pode estar relacionada à evaporação após o contato com o telhado, à absorção de água pelo material, à limpeza do telhado, dentre outras perdas. Na Tabela 1, é possível observar alguns valores para o coeficiente de *runoff* para diferentes materiais empregados na superfície de captação.

Tabela 1. Coeficientes de Runoff médios - Tomaz (2015).

Material	Coeficiente de <i>Runoff</i>
Telhas Cerâmicas	0,8 a 0,9
Cimento Amianto	0,8 a 0,9
Telhas Corrugadas de Metal	0,8 a 0,9

No estudo de caso, a estimativa da demanda de água não potável considerou os dispositivos das descargas das bacias sanitárias e dos mictórios. Dessa forma, para o cálculo da demanda de água não potável, em determinado período, foi utilizada a Equação 1, especificamente para estes aparelhos.

$$D(t) = (Ca \times f(t)) \quad (1)$$

Onde:

$D(t)$ = Volume de demanda de água não potável a ser utilizada pelo dispositivo no período t (m^3);

Ca = Consumo de água no acionamento do dispositivo (m^3);

$f(t)$ = Frequência de uso do dispositivo no período t .

4.RESULTADOS

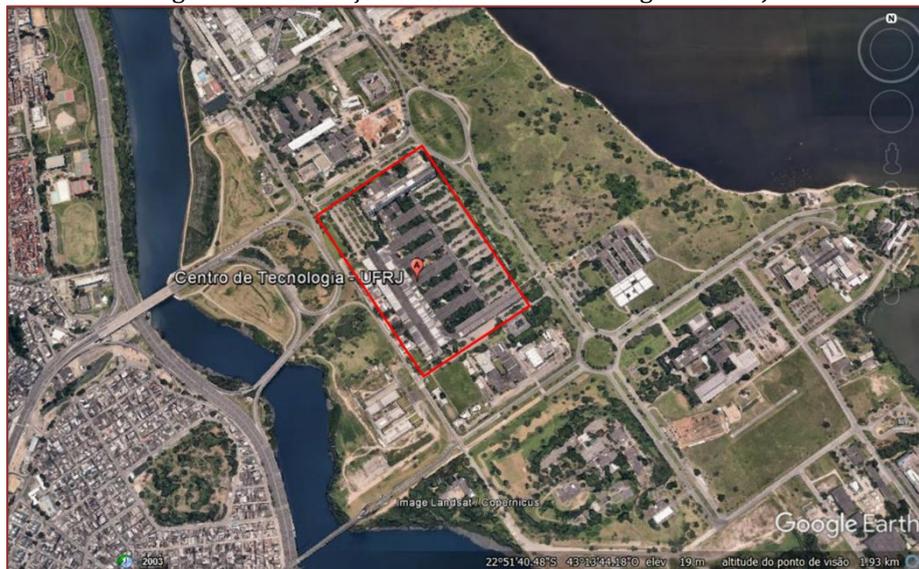
4.1 CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO

O Centro de Tecnologia (CT), é composto pela Escola Politécnica, Escola de Química, e por três órgãos suplementares (Coppe, IMA e Nides). Localizado na Ilha do Fundão, campus da UFRJ, o CT (Figura 17) é composto por 9 blocos, da letra “A” à letra “I”. O Bloco D, cuja entrada é apresentada na Figura 18, será o bloco de estudo do presente trabalho. Possuindo 2 (dois) pavimentos, o Bloco D abriga os cursos de engenharia civil, ambiental e de petróleo.

A captação da água da chuva será feita através da cobertura do Bloco D e a água será utilizada para atender às descargas de vasos sanitários e mictórios dos banheiros coletivos do 2º andar deste bloco. Este 2º andar é frequentado pelos alunos dos cursos de engenharia civil e ambiental.

Para a obtenção dos dados necessários para o cálculo do reservatório foram feitas visitas técnicas, entrevistas a alunos e foram solicitadas plantas de arquitetura.

Figura 1: Localização do Centro de Tecnologia da UFRJ



Fonte: Google Earth (2017)

4.2 LEVANTAMENTO DE DADOS

Os dados a serem levantados para serem aplicados em cada um dos 6 métodos são os seguintes: dados pluviométricos do local de estudo, área de captação, coeficiente de *runoff* e demanda de água não potável.

Os registros pluviométricos foram obtidos do Sistema Alerta Rio, da Fundação Geo-Rio, vinculada à Prefeitura do Rio de Janeiro. O sistema é composto por um conjunto de 33 estações (figura 2) remotas

automáticas que realizam a medição dos índices pluviométricos e enviam os dados coletados em intervalos de 15 minutos para uma estação central. A estação pluviométrica escolhida foi a da Ilha do Governador que é a mais próxima da Cidade Universitária. Para a obtenção da precipitação média mensal foram utilizados os dados dos Relatórios anuais de chuva para a cidade do Rio de Janeiro do ano 2005 até 2015, e montada a Tabela 3 a seguir:

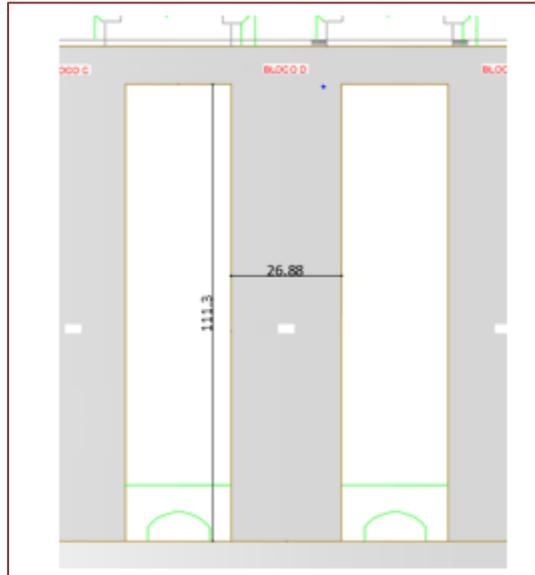
Figura 2: Localização das 33 estações pluviométricas da cidade do Rio de Janeiro



Fonte: Relatório Anual de chuva para a cidade do Rio de Janeiro, GEO – Rio (2015)

Neste projeto a área de captação da água da chuva foi obtida através das plantas de implantação do CT disponibilizada pelo Escritório de Planejamento (EPLAN) da Decania do Centro de Tecnologia da UFRJ (figura 3) e também foi realizada uma verificação das medidas in loco. A área de captação é de, aproximadamente, 3.000 m².

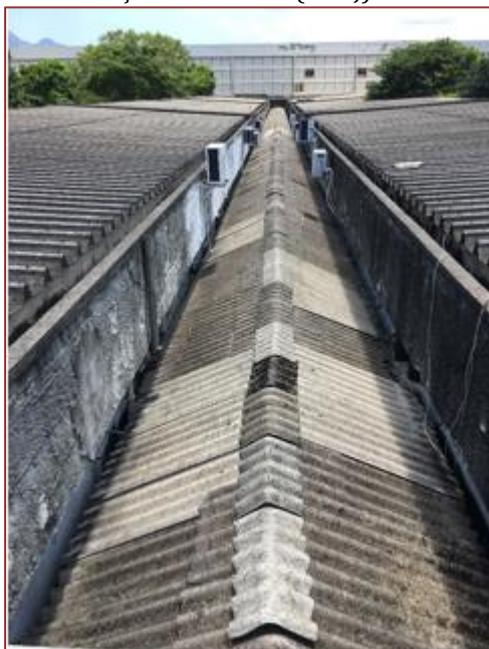
Figura 3: Dimensões da cobertura do Bloco D do Centro de Tecnologia da UFRJ.



Fonte: Escritório de Planejamento do CT – UFRJ

A cobertura do edifício é de telhas de amianto (figura 4). Dessa forma, de acordo com a Tabela 1 o coeficiente de escoamento superficial ou coeficiente de *runoff* poderá ter o seu valor entre 0,8 e 0,9. Para o estudo de caso foi escolhido o valor de 0,9.

Figura 4: Cobertura da edificação do Bloco D (UFRJ) de telhas de amianto (2017)



Para a determinação do consumo no acionamento de uma descarga de vaso sanitário foi verificado o tipo de descarga presente nos banheiros coletivos masculino e feminino do Bloco D. Existem as descargas de parede que consomem, em média, 10 litros de água e de caixas acopladas que consomem 6 litros, em média, quando acionadas. Dado que os banheiros coletivos do Bloco D apresentam descargas de parede, foi considerado um consumo de 10 litros ($0,01 \text{ m}^3$) de água não potável para o acionamento de uma descarga de vaso sanitário. Já o consumo no acionamento de uma descarga de mictório, há a possibilidade da mesma ser automática que consome em média 1 litro de água, ou manual, que consome 2 litros. Como os mictórios dos banheiros coletivos do Bloco D apresentam descargas manuais, foi considerado um consumo de 2 litros ($0,002 \text{ m}^3$) de água para o acionamento de descarga de mictório.

Para o cálculo da frequência de uso dos vasos sanitários e mictórios foi considerado um período de um mês. Para a determinação destes valores foi necessário obter o número de alunos que frequentam o 2º andar do bloco D durante um mês, separando os homens de mulheres, e o número de vezes que cada uma dessas pessoas vai ao banheiro por dia.

Foi feito um levantamento do número de alunos inscritos em engenharia civil, engenharia ambiental e de pós-graduação, obtendo os seguintes valores: 834 alunos inscritos de engenharia civil, 204 alunos de engenharia ambiental e 150 alunos de pós-graduação. Como nem todos os alunos inscritos frequentam a universidade todos os dias e muitos deles têm aula em outros blocos do Centro Tecnológico, para obter o número de pessoas que frequentam o 2º pavimento do Bloco D durante a semana foi feita uma estimativa de que dos alunos inscritos, 85% de engenharia civil e 70% de engenharia ambiental estão presentes no bloco D diariamente. Além disso, os valores também foram separados em número de homens e mulheres, já que os banheiros masculinos apresentam mictórios além de vasos sanitários. Foi considerado que 60% dos alunos de civil e de pós-graduação são homens e 40% mulheres, e que 30% dos alunos de ambiental são homens e 70% mulheres. Os valores obtidos para a frequência diária (masculina e feminina) no Bloco D, separando os dias da semana e o final de semana constam na Tabela 2.

Tabela 2. Alunos que frequentam diariamente o 2º pavimento do Bloco D ao longo da semana.

População/Período	2ª feira à 6ª feira		Sábado	
	Homens	Mulheres	Homens	Mulheres
Alunos Engenharia Civil	425	284	0	0
Alunos Engenharia Ambiental	43	100	0	0
Alunos Pós-Graduação	0	0	90	60

Para obter o número de vezes que cada pessoa aciona uma descarga de vaso sanitário ou mictório por dia, foram feitas entrevistas aos alunos. O valor médio obtido é de 2 utilizações por dia. Além disso, foi considerado que 100% das mulheres utilizam vaso sanitário e 70% das vezes os homens utilizam mictórios e 30% vaso sanitário. De acordo com os dados obtidos, pode ser observada na Tabela 3 a forma como foi feito o cálculo da demanda média semanal de água não potável, em metros cúbicos, a ser utilizada nos vasos sanitários e mictórios dos banheiros coletivos do Bloco D, durante o período de aulas.

Tabela 3. Cálculo da demanda média semanal (m^3), para as descargas de vasos sanitários e mictórios dos banheiros coletivos do Bloco D do Centro de Tecnologia da UFRJ.

População/ Demanda (m^3)	2ª feira à 6ª feira			Mictórios Homens	Sábado		Semanal -
	Mictórios Homens	Bacia Sanitária Homens	Bacia Sanitária Mulheres		Bacia Sanitária Homens	Bacia Sanitária Mulheres	
Alunos Engenharia Civil	5,95	12,75	24,8	0	0	0	60,98
Alunos Engenharia Ambiental	0,60	1,29	10	0	0	0	
Alunos Pós Graduação	0	0	0	0,25	0,54	1,2	

Para se obter a demanda mensal durante o período de aulas basta multiplicar a demanda semanal, de $61 m^3$, por 4, já que o mês tem aproximadamente 4 semanas. Por se tratar de um estabelecimento acadêmico, o número de alunos não é o mesmo ao longo do ano. Nos meses de férias o número de alunos é 10% do valor do período de aulas (janeiro, fevereiro e julho). Os meses de agosto e dezembro apresentam metade dos dias em período de aulas e a outra metade de férias.

A demanda média mensal de água não potável a ser utilizada nas descargas dos vasos sanitários dos banheiros coletivos do Bloco D do Centro de Tecnologia da UFRJ, em metros cúbicos, está demonstrada na Tabela 4.

Tabela 4. Demanda média mensal para as descargas de vasos sanitários e mictórios dos banheiros coletivos do Bloco D do Centro de Tecnologia da UFRJ.

Mês	Demanda (m^3)	Mês	Demanda (m^3)
Janeiro	24,4	Julho	24,4
Fevereiro	24,4	Agosto	134,16
Março	243,8	Setembro	243,8
Abril	243,8	Outubro	243,8
Maio	243,8	Novembro	243,8
Junho	243,8	Dezembro	134,16

4.3 DIMENSIONAMENTO DO RESERVATÓRIO CONFORME METODOLOGIAS DA NBR 15527:2007

A partir dos 6 métodos de dimensionamento de reservatório de água da chuva que a NBR 15527/2007 sugere, foi feito um dimensionamento do reservatório para atender aos banheiros coletivos feminino e masculino do 2º pavimento do Bloco D do Centro de Tecnologia da UFRJ. Uma vez executado o dimensionamento do reservatório foi feita uma avaliação da melhor alternativa de dimensionamento.

No método de Rippl os dados de entrada são a precipitação média mensal, a área de captação, a demanda mensal e o coeficiente de *runoff*, determinados anteriormente. Obteve-se o valor $380,65m^3$ para o volume do reservatório.

No método da Simulação, foram estimados volumes para o reservatório até que o dimensionamento estivesse aferido. De acordo com o método, o volume do reservatório que atendeu à demanda foi de $381m^3$.

Para o método Azevedo Neto, o volume do reservatório foi obtido com dados pluviométricos da Ilha do Governador para a precipitação média anual de 1092,5mm e com 7 meses com pouca chuva ou seca (precipitação abaixo de 100mm). Assim, o volume do reservatório obtido foi de $963,56m^3$.

No método Prático Alemão, o volume do reservatório é determinado pelo menor valor obtido através da equação referência. O volume anual de precipitação é de 2949,70m³ e o volume anual de consumo é de 2049,06m³. Dessa forma, o volume do reservatório obtido foi de 122,94m³.

No método Prático Inglês, o volume do reservatório foi determinado por 5% do produto da precipitação média anual e da área de captação. A partir da precipitação média anual de 1092,5mm e da área de captação 3.000 m², obteve-se o volume do reservatório de 163,87m³.

No método Prático Australiano, o volume do reservatório foi obtido por tentativas até que fosse utilizado um valor que tivesse confiabilidade entre 90% e 99%. O volume de reservatório obtido foi de 679,32m³ com confiabilidade de 91,67%. Para a obtenção de uma confiabilidade de 91,67% foi necessário que o reservatório não atendesse à demanda apenas em 1 mês dos 12 meses do ano. O mês em que a demanda não foi atendida foi o mês de outubro.

Na Tabela 10 é possível observar os resultados obtidos para cada um dos métodos da NBR 15527/2007.

Tabela 10: Resumo dos resultados obtidos para cada um dos métodos de dimensionamento do reservatório da NBR 15527 Fonte: Elaborada pela autora (2017)

Método de Rippl	380,65
Método de Simulação	381,00
Método Azevedo Neto	963,56
Método Prático Alemão	122,94
Método Prático Inglês	163,87
Método Prático Australiano	679,32

A variação dos resultados encontrados pode ser justificada pela diferença conceitual de cada um dos métodos. Enquanto o método de Rippl, o método da Simulação e o método Prático Australiano levam em consideração a distribuição pluviométrica média mensal e a demanda de utilização de água não potável, além da área de captação, o método Prático Inglês, por exemplo, é mais simples e considera apenas a média anual de precipitação e a área de captação, desconsiderando a demanda.

No método de Azevedo Neto a demanda não é considerada e dentre os métodos foi o que obteve o reservatório com maior capacidade. Pode-se concluir que houve um superdimensionamento do reservatório segundo este método já que através de outros métodos foi garantido o total abastecimento com volumes inferiores.

Os Métodos Práticos Inglês e Alemão não levam em consideração a variação pluviométrica ao longo dos meses. Dessa forma, estes métodos não são indicados para regiões como o Rio de Janeiro que apresentam grandes oscilações pluviométricas. Estes métodos são mais recomendados em regiões de clima temperado, como é o caso da Alemanha e da Inglaterra, locais aonde os métodos foram concebidos. Além disso, os volumes de reservatório obtidos por estes dois métodos têm valores inferiores à demanda média de água necessária para atender às descargas dos banheiros coletivos do Bloco D, o que torna o sistema ineficiente. Assim sendo, seria necessária uma fonte de suprimento de água externa para garantir o abastecimento.

O método de Rippl e o método da Simulação, consideram a distribuição pluviométrica média mensal, a demanda de utilização de água não potável e a área de captação. Nestes dois métodos os volumes de reservatório obtidos são os menores volumes que garantem o abastecimento de água ao longo de todo o ano, tendo resultados muito similares.

O método Prático Australiano, assim como o método de Rippl e o método da Simulação, consideram todos os dados levantados no estudo. No entanto, o fato de não haver uma limitação quanto ao volume de água no reservatório durante os meses, faz com que o valor obtido para o reservatório seja superdimensionado.

Desta forma, nesta análise comparativa os dois métodos que atenderam à demanda e apresentaram uma metodologia mais racional foram o método de Rippl e o método da Simulação. No entanto, mesmo para estes métodos mais fiáveis, os volumes estimados de reservatório demandam uma área de construção muito elevada. As dimensões desse reservatório seriam em torno de 2,4 m x 12,6 m x 12,6 m.

Os grandes volumes de reservatório obtidos para o presente estudo de caso podem ser justificados pelo fato da demanda de água para as descargas dos banheiros coletivos do Bloco D do Centro de Tecnologia

ser muito elevada e variável, já que existem os meses de aulas e de férias. Além disso, nos meses de maior precipitação a universidade está em período de férias e necessita armazenar água para que seja possível atender alguns dos meses de aulas em que a precipitação é menor que a demanda.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No Brasil, embora exista uma grande disponibilidade de recursos hídricos em algumas regiões, é possível verificar que algumas cidades brasileiras sofrem uma crise hídrica. O sistema de aproveitamento de água de chuva surgiu como uma das possíveis alternativas para a economia de água potável. Além disso, o sistema pode contribuir para a prevenção de enchentes nos grandes centros urbanos.

A água de chuva pode ser utilizada para usos não potáveis como nas descargas de vasos sanitários, irrigação de jardins, lavagem de roupas, pisos e carros. No entanto, antes da sua utilização devem ser verificados os parâmetros que garantam a sua qualidade e a necessidade de tratamento da mesma.

No Brasil, a Norma técnica de referência para o aproveitamento de água de chuva é a NBR 15527/2007. A mesma fornece importantes informações como os requisitos para a instalação do sistema de aproveitamento de água da chuva, parâmetros de qualidade da água e instruções para a manutenção do sistema. No entanto, os 6 métodos de dimensionamento de reservatório descritos na mesma, se apresentam de forma extremamente confusa e resumida, faltando informações importantes para a compreensão e aplicabilidade dos mesmos. Os resultados obtidos no estudo prático para cada um dos métodos são muito distintos, variando de reservatórios de 122,94 m³ até 963,56 m³, o que dificulta o projetista na escolha do mais adequado para as suas necessidades. Além disso, alguns dos métodos recomendados pela norma foram concebidos em países europeus que apresentam características pluviométricas muito distintas da brasileira, dificultando a sua utilização no Brasil.

No Rio de Janeiro, foi criado o Decreto 23.940/2004 que torna obrigatória a adoção de reservatórios que permitam o retardo do escoamento da água da chuva para a rede de drenagem em empreendimentos que apresentem áreas impermeabilizadas acima de 500 m². Neste Decreto a NBR 15527 não é citada em nenhum momento, o que mostra que a mesma não é difundida.

É nítida a necessidade de revisar a NBR 15527/2007, e desenvolver estudos de novas metodologias de dimensionamento de reservatórios de aproveitamento de água da chuva que sejam apropriados para a realidade brasileira, incluindo as particularidades de cada região.

Este foi um estudo acadêmico que apenas analisou dados específicos para atender ao Bloco D do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, qualquer outro estudo deve levar em consideração a sua demanda de água não potável, bem como os seus índices pluviométricos e área de captação.

Como sugestões para trabalhos futuros são indicados estudos que promovam a verificação da viabilidade econômica do sistema, de tal forma que sejam obtidos os valores de investimento inicial, payback e taxa de retorno para a implantação do sistema.

REFERÊNCIAS

- [1] Abnt - Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 15527 – Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis. (2007). Rio de Janeiro. 11p.
- [2] Alerta RIO. (2016). Disponível em: <<http://alertario.rio.rj.gov.br/>>. Acesso em: 13 de dez. 2016.
- [3] Amorim, S. V., Pereira, D. J. A. (2008). Estudo comparativo dos métodos de dimensionamento para reservatórios utilizados em aproveitamento de água pluvial. Ambiente Construído, Porto Alegre-RS, v. 8, n. 2, p. 53-66.
- [4] Dalsenter, M. E. V., 2016, Estudo de potencial de economia de água potável por meio do aproveitamento de água pluvial em um condomínio residencial multifamiliar localizado em Florianópolis – SC. Projeto de Graduação, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina
- [5] Keeler, M., Burke, B., 2010, Fundamentos de projeto de edificações sustentáveis. Porto Alegre, Editora Bookman
- [6] May, S. (2004). Estudo de viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica de Universidade de São Paulo (USP), São Paulo-SP.

- [7] Oliveira, T. D., Christmann, S. S., Pierezan, J. B., 2014, “Aproveitamento, Captação e (re) Uso das águas pluviais na Arquitetura”. Gedecon – Gestão e Desenvolvimento em Contexto, Universidade de Cruz Alta, Rio Grande do Sul.
- [8] Souza, R. L. (2015). Análise comparativa dos métodos de dimensionamento de reservatórios para aproveitamento de águas pluviais: Estudo de caso Hospital Federal do Andaraí / RJ. Dissertação de Mestrado, Programa de Engenharia Urbana, Escola Politécnica da Universidade do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro-RJ.
- [9] Tomaz, P. (2010). Aproveitamento de água da chuva em áreas urbanas para fins não potáveis. Livro Digital. Disponível em: <http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/livros/Livro_aprov._aguadechuva/Livro%20Aproveitamento%20de%20agua%20de%20chuva%205%20dez%202015.pdf>. Acesso em: 13 de dez. 2016.
- [10] Tomaz, P., Aproveitamento de água da chuva. Livro Digital, 2015. Disponível em: . Acesso em: 13 de dezembro de 2016.

Capítulo 12

Avaliação da produção de água dos poços tubulares utilizados para abastecimento público no Município de Carlos Barbosa (RS)

Tuane de Oliveira Dutra

Pedro Antonio Roehe Reginato

Marcos Imério Leão

Gustavo Barbosa Athayde

Márcio André Klein

Rosana Alves Paim

Resumo: Neste trabalho é apresentada uma avaliação da produção de água dos 15 poços utilizados pela Companhia Riograndense de Saneamento – CORSAN, no município de Carlos Barbosa (RS), que é abastecida exclusivamente por águas subterrâneas, captadas do Sistema Aquífero Serra Geral. No município há 4 reservatórios (R1, R2, R3 e R4), sendo o reservatório R4 abastecido pelo R2, desta forma os poços estudados foram divididos em 3 grupos e a análise foi feita por reservatório. Os dados evidenciaram que a demanda está sendo distribuída de forma desigual nos três grupos de poços. Além disso, o grupo de poços responsável pelo abastecimento do reservatório R1, demonstrou que atualmente possui dificuldades em atender a demanda existente, operando com valores de volume médios mensais acima do projetado na maioria dos poços desse grupo.

1 INTRODUÇÃO

Em algumas regiões do país as águas subterrâneas resultam na única fonte de recurso hídrico disponível. Segundo Leal (1999), o estado do Rio Grande do Sul é um dos estados com maior número de poços juntamente com São Paulo, Bahia, Ceará e Piauí.

Conforme dados do IBGE (2010), no estado do Rio Grande do Sul as águas subterrâneas são a única fonte de abastecimento de 59% dos municípios. Esse é o caso do Município de Carlos Barbosa, a área de estudo deste trabalho, que está localizado no nordeste do estado e tem como única fonte de abastecimento os poços tubulares, os quais captam água do SASG. Neste município a Companhia Riograndense de Saneamento – CORSAN possui a concessão do abastecimento de água na área urbana.

O SASG abrange cerca de 50% do estado do Rio Grande do Sul. O SASG está associado a rochas vulcânicas básicas, intermediárias e ácidas, sendo que as duas primeiras atingem juntas mais da metade da área do estado (ROISEMBERG, et al., 2002). Conforme Reginato et. al (2006), a Formação Serra Geral no estado do Rio Grande do Sul, é caracterizada pela presença de aquíferos granulares e fraturados.

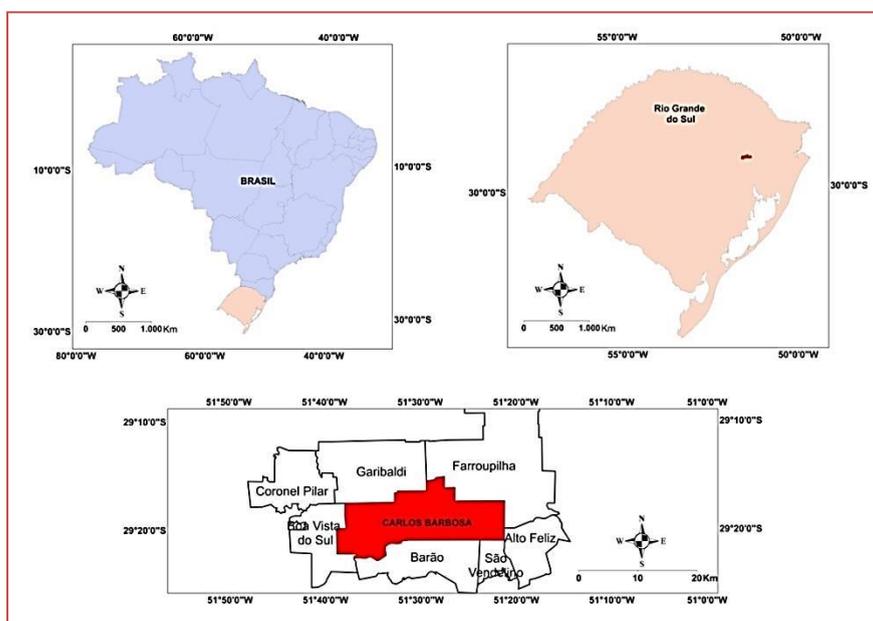
Conforme Mourão (2009), a intensidade de aproveitamento dos aquíferos aliadas a falta de informação resulta em severas perdas e impactos como, por exemplo: rebaixamento significativo dos níveis d'água, supressão ou redução de vazões de nascentes, diminuição das vazões de poços tubulares, avanço de cunhas salinas e abatimentos de terrenos. Logo, saber a produção de água dos poços utilizados para o abastecimento no município de Carlos Barbosa é importante para saber se a operação dos mesmos está de acordo com os valores de volume definidos em projeto, prevenindo e reduzindo ao máximo a ocorrência dos impactos citados anteriormente, que teriam efeitos extremamente danosos nesta região abastecida exclusivamente por recursos hídricos subterrâneos.

Desta forma, este trabalho tem como objetivo avaliar a produção dos 15 poços tubulares, utilizados pela CORSAN para abastecer os 4 reservatórios de água existentes no município de Carlos Barbosa. Esta análise foi realizada comparando os dados de produção dos poços fornecidos pela CORSAN com os valores de volume definidos no projeto dos poços, também fornecidos pela companhia.

2 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está localizada no município de Carlos Barbosa (Figura 1), na região nordeste do estado do Rio Grande do Sul. Carlos Barbosa está situada a 676 metros acima do nível do mar, entre as coordenadas geográficas 29°18' de Latitude Sul e 51° 30' de Longitude Oeste e está inserida na região do Planalto dos Campos Gerais.

Figura 1. Localização da área de estudo.



O município de Carlos Barbosa esta localizado no divisor de duas bacias hidrográficas, Taquari-Antas e Cai, possuindo 56 % de sua área na primeira bacia e o restante deste percentual na segunda bacia. A cidade possui apenas pequenos arroios que desaguam nestas duas bacias (Taquari-Antas e Cai) as quais desaguam na grande bacia do rio Jacuí (PJS GEOLOGIA LTDA, 2013).

2 METODOLOGIA

2.1 SELEÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO E DOS POÇOS TUBULARES ANALISADOS

O município de Carlos Barbosa foi selecionado, porque neste local o abastecimento de água é realizado exclusivamente por poços tubulares, pertencentes a uma companhia de abastecimento, neste caso a CORSAN, que capta água do Sistema Aquífero Serra Geral. Os 15 poços tubulares analisados neste estudo foram selecionados por serem os utilizados pela CORSAN para o abastecimento do perímetro urbano no município.

2.2 LEVANTAMENTO DE DADOS DOS POÇOS TUBULARES E RESERVATÓRIOS ANALISADOS

Os dados dos poços analisados neste trabalho foram disponibilizados pela CORSAN, sendo as informações fornecidas citadas a seguir: coordenadas (geográficas e UTM), teste de bombeamento, dados operacionais de projeto, dados mensais de produção. O intervalo de tempo de dados mensais de produção, disponibilizado pela CORSAN, é apresentado da tabela 1 abaixo.

Tabela 1. Período de tempo analisado de dados de volume médio mensal explotado para cada poço

Poços	Intervalo de tempo de monitoramento disponibilizado	Total de meses analisados
CBA 3A CBA 5A	Julho de 2009 a dezembro de 2013/ outubro de 2014 a maio de 2016	74
CBA 6 CBA 9 CBA 11 CBA 12 CBA 17 CBA 19 CBA 18	Julho de 2006 a dezembro de 2013/ outubro de 2014 a maio de 2016	116
CBA 2	Janeiro de 2010 a setembro de 2013/ outubro de 2014 a novembro de 2015/ Janeiro de 2016 a maio de 2016	64
CBA 10	Janeiro de 2006 a dezembro de 2013/ outubro de 2014 a outubro de 2015/ Janeiro de 2016 a maio de 2016	114
CBA 16	Janeiro de 2006 a abril de 2012/ julho de 2012 a dezembro de 2013/ outubro de 2014 a maio de 2016	114
CBA 20	Janeiro de 2006 a setembro de 2012/ novembro de 2012 a dezembro de 2013/ outubro de 2014 a maio de 2016	115
CBA 26	Março de 2013 a dezembro de 2013/ fevereiro de 2014 a maio de 2016	38
CBA 34	Janeiro de 2010 a setembro de 2013/ outubro de 2014 a novembro de 2015/ Janeiro de 2016 a maio de 2016	65

Em relação aos quatro reservatórios de água utilizados para abastecimento do município a CORSAN forneceu os seguintes dados: localização, capacidade em m³ e relação de poços utilizados em cada reservatório.

2.3 AVALIAÇÃO DO MONITORAMENTO EXECUTADO PELA CORSAN

Essa avaliação foi realizada, inicialmente, através da obtenção de informações sobre o sistema de monitoramento operado pela CORSAN, que foram obtidas junto a Superintendência de Hidrogeologia da CORSAN e a Unidade da CORSAN localizada no município de Carlos Barbosa (escritório local).

Posteriormente foi realizada uma atividade de campo onde foi feito o acompanhamento da atividade de monitoramento realizada pelo técnico da CORSAN, para avaliar o processo, a forma e os dados que eram obtidos com esse monitoramento.

Essa etapa foi importante para saber a forma de coleta dos dados que foram trabalhados neste estudo e poder melhor interpretar os comportamentos dos mesmos.

2.4 ANÁLISE DA PRODUÇÃO DOS POÇOS RESPONSÁVEIS PELO ABASTECIMENTO

Esta etapa do trabalho foi realizada através da comparação gráfica entre os dados de produção de água dos poços (volume médio mensal em m³), fornecidos pela CORSAN, com os dados de projetos elaborados para os poços. Esta análise foi feita para um intervalo mensal de tempo, o qual foi descrito anteriormente na tabela 1.

Para melhor entender a variação da produção dos poços foi aplicada algumas análises estatísticas que envolveram:

- Medidas de tendência central: mediana (devido a grande variação dos dados);
- Medida de dispersão: desvio padrão.

Também foi verificado a porcentagem de tempo monitorado em que o volume médio de água extraído ficou acima do projetado, quando isso ocorreu, sendo calculado também a mediana dos valores ultrapassados.

No município existem 4 reservatórios (R1, R2, R3 e R4), sendo que o reservatório R2 abastece o reservatório R4. Como cada um desses reservatório é atendido por um grupo de poços específico, a análise da produção de água para abastecimento público no município foi feita por reservatório. Desta forma, é possível analisar o atendimento as demandas existentes em cada reservatório e a distribuição da mesma entre os poços de cada grupo.

Os poços da CORSAN CBA 4A e CBA 10, tiveram seu funcionamento interrompido, o primeiro em setembro de 2014 e o segundo nos meses de novembro e dezembro de 2015, o primeiro é um dos poços responsáveis pelo abastecimento do reservatório R1 e o segundo pelo reservatório R2. No caso do poço CBA 10 o mesmo retornou a funcionar em janeiro de 2016, já o poço CBA 4A por ter apresentado problemas estruturais foi desativado, tendo sido perfurado um novo poço ao lado deste, o qual ainda não entrou em funcionamento. Levando em consideração a boa capacidade de produção de ambos os poços, foi analisada a influência da ausência dos mesmos nas operações dos poços.

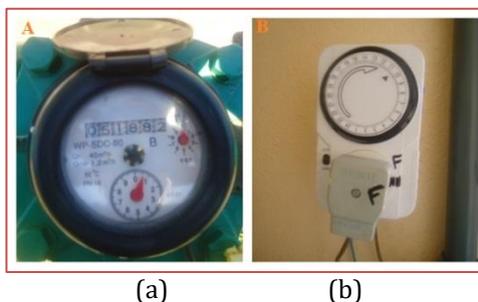
3 RESULTADOS

3.1 MONITORAMENTO QUANTITATIVO REALIZADO PELA CORSAN

Atualmente a CORSAN possui 15 poços para atender o município de Carlos Barbosa, os quais serão analisados neste trabalho. Os parâmetros monitorados pela companhia são: volume explotado, tempo de bombeamento e níveis de água. Essas informações são coletadas manualmente por um técnico da CORSAN, por meio de visitas aos poços.

O volume explotado é medido por meio de hidrômetro, (Figura 2.A). Na ausência do hidrômetro o volume é calculado através da vazão, a qual é estimada pelo método volumétrico (utilizando tonel). A definição do tempo de operação da bomba é realizada por dois sistemas: Timer (Figura 2.B) e a Rádio, já o Horímetro é utilizado para registrar o tempo total de funcionamento da bomba.

Figura 2. (A) Hidrômetro (B) Timer.



Os poços que possuem Timer trabalham apenas dentro do tempo de bombeamento projetado, logo quando esse tempo é atingido o Timer encerra o bombeamento do poço e inicia novamente após o tempo de descanso previsto. Porém com o aumento da demanda o Timer é desligado para o poço voltar a bombear, conforme informações fornecidas pelo técnico da CORSAN responsável pelo monitoramento. Os poços que possuem somente o sistema a rádio trabalham em função dos reservatórios, os quais eles abastecem.

A produção e o tempo de bombeamento mensal são calculados de duas formas:

- Primeira: diferença das leituras feitas no primeiro e no último dia de cada mês
- Segunda: somatório das leituras diárias

Há diferença entre os valores registrados, pois os cálculos que adotam o primeiro e último valor observado no mês, consideram apenas o valor da amplitude do volume e do tempo de bombeamento, no entanto, essas diferenças são pequenas.

O método volumétrico descrito anteriormente é seguidamente aplicado para o cálculo da vazão e volume de água bombeado, sendo que o mesmo sempre registra valores médios de volume significativamente inferiores aos comumente monitorados pelos hidrômetros, quando estes estão em funcionamento.

O fato de o monitoramento ser realizado de forma manual e ter poucos funcionários para a realização do mesmo, inviabiliza que a coleta dos dados ocorra sempre no mesmo horário, podendo ser registrados valores de volume de água superiores e/ou inferiores aos realmente extraídos dos aquíferos.

Além disso, os níveis de água são medidos pela CORSAN nos poços de forma aleatória, sem frequência ou periodicidade definida, por meio da utilização de medidores de nível de água manuais. Essas leituras não são realizadas necessariamente no final do período de maior tempo de bombeamento e sem bombeamento, as quais representariam possivelmente os níveis mínimos e máximos atingidos no poço. Logo, os dados coletados pela CORSAN de níveis de água não auxiliam, de forma efetiva, na análise dos reflexos da exploração contínua dos poços sobre o aquífero.

Em 2014 iniciou-se a implantação de um sistema de monitoramento quantitativo totalmente automatizado em Carlos Barbosa, denominado de SIGAS. Este sistema monitora o nível de água de 1 em 1 minuto e os parâmetros de vazão e volume de 15 em 15 minutos. O SIGAS foi instalado em 12, dos 15 poços analisados neste trabalho, ficando de fora apenas os poços CBA 2, 6 e 20. Conforme Dutra et. al (2016), em análise em dois poços que possuem o SIGAS instalado, este sistema se demonstrou eficiente e proporcionou uma descrição mais detalhada da produção dos poços e dos reflexos da operação dos mesmos no nível da água no poço. Atualmente os dois sistemas (SIGAS e CORSAN) estão em funcionamento no município, sendo que em alguns poços o SIGAS ainda necessita de alguns ajustes. Contudo, em pleno funcionamento, irá favorecer de forma impar, o gerenciamento dos recursos hídricos subterrâneos no município de Carlos Barbosa.

3.2 CARACTERIZAÇÃO DOS POÇOS TUBULARES RESPONSÁVEIS PELO ABASTECIMENTO

Os quinze poços analisados possuem características hidrodinâmicas relativamente variadas. Na tabela 2, são apresentados alguns dados hidrodinâmicos desde grupo de poços analisados, proporcionando uma noção das características dos mesmos. Os dados do poço CBA 4A foram apresentados ao final da tabela 2, para demonstrar a grande importância que o mesmo tinha para o abastecimento do reservatório R1. Este

poço possuía o segundo maior valor de vazão e terceiro maior valor de capacidade específica do grupo de poços responsável pelo abastecimento do reservatório R1.

Tabela 2. Dados hidrodinâmicos dos poços analisados

POÇOS	PROF. (m)	PROF. EA (m)	PROF. REV (m)	ND (m)	NE (m)	Q (m ³ /h)	q/s (m ³ /h.m)	TB (h)
CBA 2	74,8	15,5 e 52,7	6,3	38,4	30,3	13,655	1,686	12
CBA 3A	163,65	21; 26 e 159	32	110	22,2	45	0,513	16
CBA 5A	216	40	26,3	40	6,25	12	0,356	16
CBA 6	40	37	10,5	25,48	3,54	16	0,729	12
CBA 9	71,5	19; 23,5 e 53,5	15,3	35	15,2	30	1,515	18
CBA 10	90	8,5 e 14,3	10	20	7,1	25	1,938	16
CBA 11	98	14 e 22	12,5	35	5,38	30	1,013	16
CBA 12	86	5; 21 e 61	13	24	10,3	20	1,460	12
CBA 16	114	56,3	53,35	45,96	1,36	25,352	0,568	14
CBA 17	141,5	3 e 101	10	36	0,15	24	0,669	10
CBA 18	150	56 e 80	1,69	87,85	2,54	13,31	0,156	12
CBA 19	122	34; 38 e 112	2,44	26	2,44	50	2,122	14
CBA 20	140	74	4,8	33,97	11,55	24,94	1,112	12
CBA 26	150	34 e 70	36,5	70	5,78	10	0,156	10
CBA 34	180	48; 60 e 71	30	70,12	16,2	15,99	0,297	14
CBA 4A	162	158	14	85	44,84	35	0,872	16

PROF: Profundidade/ EA: Entrada de água/ REV: Revestimento/ ND: Nível dinâmico/ NE: Nível estático/ Q: Vazão/ q/s: Capacidade específica/ TB: Tempo de bombeamento.

A profundidade dos poços analisados varia de 40 a 216 m, sendo que na maioria dos poços a mesma se encontra abaixo dos 100 m, com exceção somente dos poços CBA 2, 6, 9, 10, 11 e 12.

As entradas de água possuem significativa variação de profundidade, sendo a mais superficial registrada no poço CBA 17 aos 3 m e a mais profunda no poço CBA 3A aos 159 m. Os poços possuem de 1 a 3 entradas de águas, conforme descrito a seguir:

- Uma entrada de água: poços CBA 5A, 6, 20 e 16;
- Duas entradas de água: poços CBA 2, 10, 11, 17, 18 e 26;
- Três entradas de água: poços CBA 3A, 9, 12, 19 e 34.

No entanto, devido à profundidade do revestimento, as entradas de água mais superficiais nos poços CBA 3A, 10, 12, 17 e 26 foram seladas.

O nível dinâmico (ND), na maioria dos poços, está situado acima dos 50 m de profundidade, sendo que o ND mais superficial está situada no poço CBA 10 aos 20 m e o mais profundo no poço CBA 3A aos 110 m.

O nível estático (NE), em grande parte dos poços é superficial, situado acima dos 10 m de profundidade, sendo que o NE mais próximo a superfície, se encontra a apenas 0,15 m da mesma, no poço CBA 17 e o mais profundo no poço CBA 2 aos 30,3 m.

As vazões de projeto variam de 10 a 50 m³/h, sendo a última vazão citada a maior registrada no município de Carlos Barbosa. As vazões de projeto são coerentes com as que ocorrem no sistema aquífero fraturado, que em geral são baixas. No entanto, os poços analisados podem ser divididos em 3 grupos em relação a vazão. O primeiro grupo é constituído pelos poços CBA 2, 5A, 6, 18, 26 e 34, que possuem vazões baixas, inferiores a 20 m³/h. O segundo grupo é constituído dos poços CBA 10, 12, 16, 17 e 20, que possuem vazões intermediárias, as quais são iguais a 20 m³/h e interiores a 30 m³/h. O terceiro grupo é referente aos poços CBA 3A, 9, 11 e 19, que possuem as vazões mais elevadas, as quais são iguais e/ou superiores a 30 m³/h. A capacidade específica em todos os poços é baixa, sendo que na maioria deles é inferior a 1 m³/h/m.

Em relação ao tempo de bombeamento projetado, este varia de 10 a 18 horas, sendo na maioria dos poços de 12 e 16 horas.

3.3 RESERVATÓRIOS RESPONSÁVEIS PELO ABASTECIMENTO EM CARLOS BARBOSA

Os poços caracterizados no item anterior abastecem os quatro reservatórios existentes no município, conforme apresentado na tabela 3.

Tabela 3. Relação dos reservatórios e os poços que o abastecem.

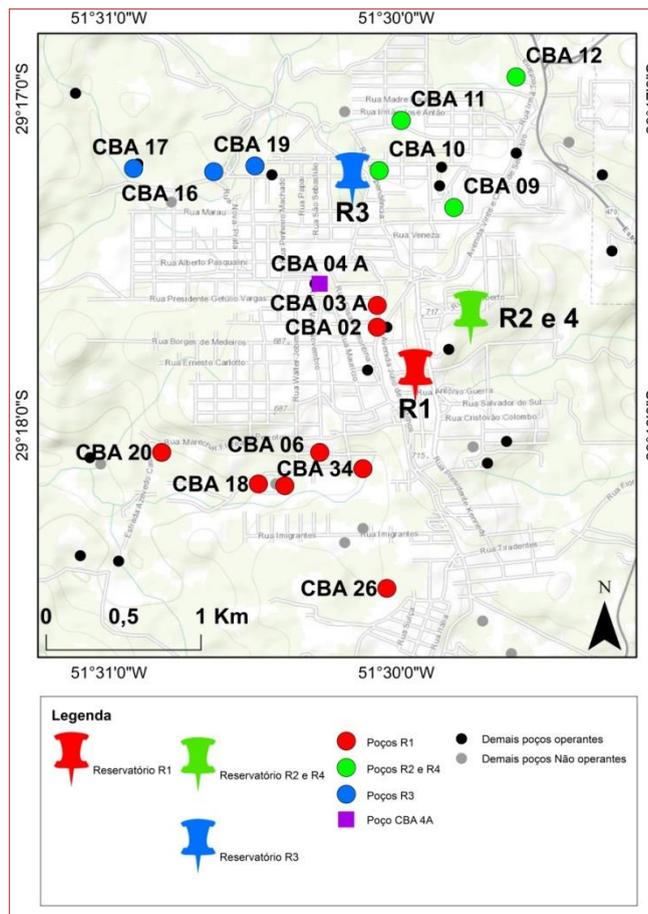
Reservatórios	Volume (m ³)	Poços
R1	500	2, 3, 5, 6, 18, 20, 26 e 34
R2	200	9, 10, 11, e 12
R3	200	16, 17 e 19
R4	30	Abastecido pelo R2

No reservatório 4 o nível é controlado através de uma boia e nos demais reservatórios através de sensores de nível. Os controladores de níveis mencionados emitem um sinal via rádio para o poço, sendo que o mesmo possui em seu quadro de comando cinco níveis de água 1, 2, 3, 4 e 5 (sendo 1 o nível mais baixo e o cinco quando o reservatório está cheio) logo o poço é sempre acionado quando o reservatório chega ao nível 3 e desligado quando mesmo se encontra no nível 5. Sendo assim, os poços que só possuem o sistema a rádio para controlar o tempo de bombeamento do poço, tem seu tempo de bombeamento regulado pela demanda do reservatório, que é o caso dos poços CBA 3A, 17 e 19.

Na figura 3 é apresentado os reservatórios e os poços responsáveis pelo bombeamento dos mesmos. Como é possível observar, há outros poços situados no perímetro urbano de Carlos Barbosa. Sendo que, nas proximidades dos poços analisados predominam poços em operação, os quais em sua maioria são utilizados para manutenção de atividades econômicas. Logo, a análise da produção dos poços utilizados pela CORSAN é importante, para saber se está sendo extraído do aquífero o volume determinado em projeto. Se o volume de água explorado for superior ao projetado, pode comprometer o atendimento aos outros tipos de demandas existentes no município.

O poço CBA 4A também foi identificado no mapa, porque o mesmo era utilizado para o abastecimento do reservatório R1. No entanto, o mesmo foi desativado, sendo analisado no próximo item o reflexo desta ausência na produção dos demais poços responsáveis pelo abastecimento deste reservatório.

Figura 3. Localização dos reservatórios e poços analisados



3.4 PRODUÇÃO DOS POÇOS RESPONSÁVEIS PELO ABASTECIMENTO DO RESERVATÓRIO R1

Este reservatório atualmente conta com 8 poços para o seu abastecimento, sendo o principal reservatório do município, possuindo cerca de 54% da capacidade de armazenamento do mesmo.

Todos os poços desse grupo, em algum momento, exploraram volumes de água superiores ao projetado, sendo que a mediana dos valores ultrapassados de volume nesses grupos de poços é relativamente baixa, não ultrapassando os 35 m³ (Tabela 4).

Nos poços CBA 3A e 5A a mediana dos valores médios mensais de volume explorado estão abaixo do projetado, sendo a porcentagem do período monitorado, em que o volume projetado foi ultrapassado, inferior a 5% (Tabela 4). Nos poços CBA 2 e 6 a mediana dos valores médios mensais de volume explorado também ficaram abaixo do projetado, no entanto, a porcentagem do período monitorado em que o volume projetado foi ultrapassado foi mais significativa, em relação aos poços anteriores, de 43,75 e 19,13% respectivamente. Nos poços CBA 18, 20, 26 e 34, ocorreu o oposto do que foi observado nos quatro poços anteriores, a mediana dos valores médios mensais de volume explorado nesses poços foi superior ao projetado, sendo que nesses quatro poços, a porcentagem do período monitorado em que o volume projetado foi ultrapassado foi superior a 50%. Os poços CBA 20 e 34 tiveram um novo teste de bombeamento, no primeiro poço foi no final de 2014 e no segundo poço foi no início de 2015, alterando os seus dados de projeto e consequentemente o volume projetado. Os valores apresentados na tabela 4, desses dois poços, são referentes ao primeiro teste de bombeamento, sendo que os valores correspondentes aos novos testes de bombeamento só entraram em vigor no final da série de dados monitorados.

Tabela 4. Dados de produção do grupo de poços responsável pelo abastecimento do reservatório R1.

Poços	Volume projetado (m ³)	Mediana do vol. explotado (m ³)	Desvio padrão do vol. explotado (m ³)	% do tempo monitorado que o Vol. foi ultrapassado (h)	Mediana do valor de vol. Ultrapassado (m ³)
CBA 2	163,86	159,11	27,65	43,75	11,54
CBA 3A	720	305,96	176,90	1,35	15,93
CBA 5A	192	126,96	37,00	4,05	7,14
CBA 6	192	144,06	41,38	19,13	14,49
CBA 18	159,72	161,23	40,41	53,45	17,79
CBA 20	240*	243,56	31,03	58,26	15,20
CBA 26	100	132,28	17,44	94,74	33,13
CBA 34	144**	174,10	39,22	76,92	30,04

* O volume projetado referente ao novo teste é de 299,28 m³ / ** O volume projetado referente ao novo teste é de 210 m³.

O desvio padrão dos valores médios mensais de volume explotado é variado, conforme apresentado na tabela 4, sendo que no poço CBA 3A este desvio é mais significativo em comparação aos demais poços. O comportamento da variação dos valores médios de volumes explotados nos oito poços analisados podem ser visualizados na figura 4.

O poço CBA 4A, também abastecia este reservatório, sendo o segundo mais produtivo, atrás apenas do poço CBA 3A. No entanto, o mesmo foi desativado em setembro de 2014, por causa de problemas estruturais. A influência da ausência deste poço na operação dos demais poços do grupo pode ser visualizada através dos círculos vermelhos nos gráficos da figura 4. Logo, é possível notar que com exceção do poço CBA 26, todos os poços apresentaram uma elevação nos valores de volume extraídos, em relação ao período anterior a desativação do poço CBA 4A. Contudo, esta elevação do volume explotado não foi a mesma em todos os poços, sendo mais intensa nos poços CBA 2 e 18 e mais sutil nos poços CBA 6, 20 e 34. Já nos poços CBA 3A e 5A a ausência deste poço somente intensificou uma tendência de aumento que já estava ocorrendo.

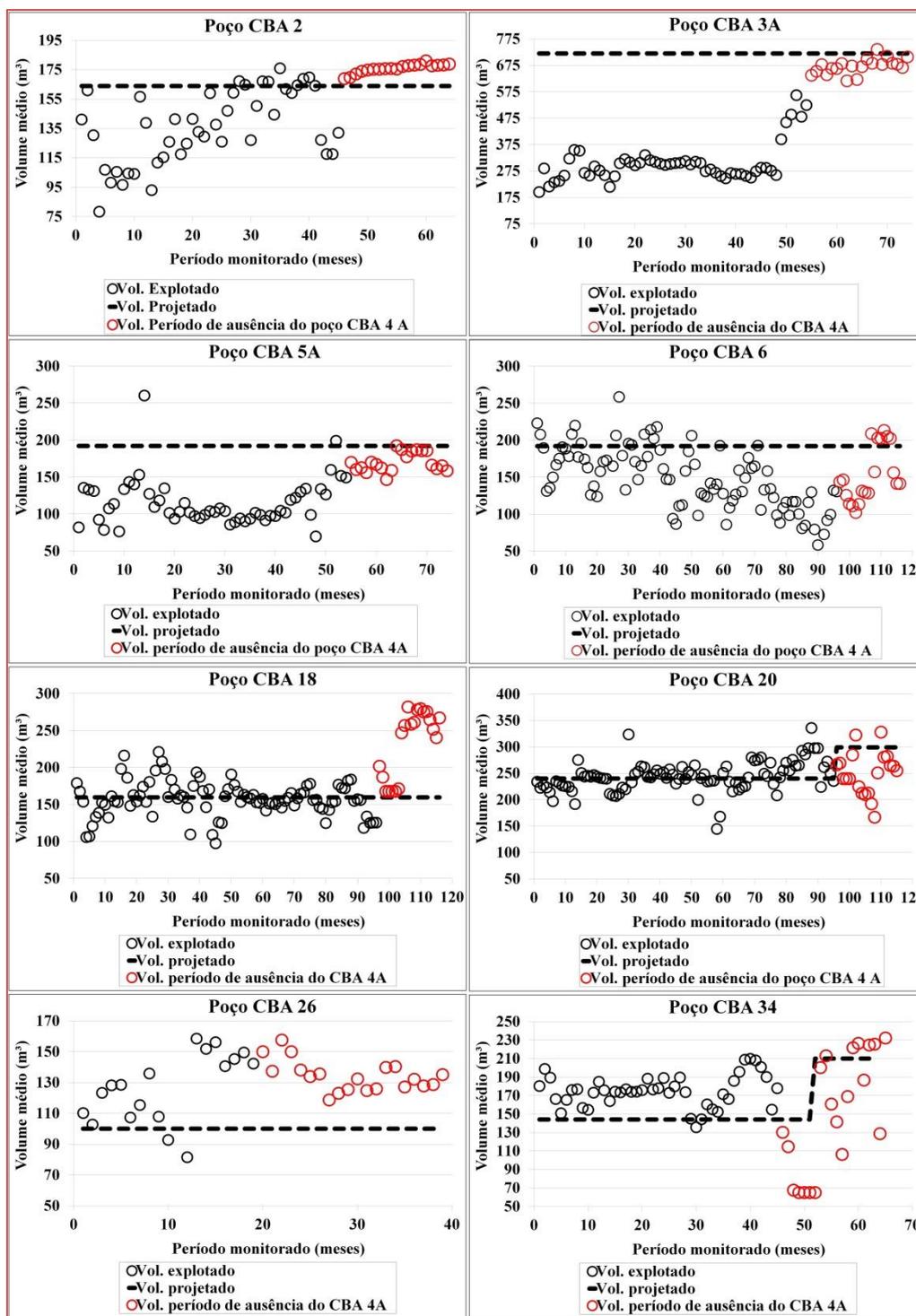
Nos últimos anos (final de 2014 até maio de 2016), no reservatório R1, ocorreram duas situações:

A primeira está relacionada aos poços que estão explotando, habitualmente, valores de volume médio mensal acima do projetado, que é o caso dos poços CBA 2, 6, 18, 26 e 34;

A segunda está relacionada aos poços que estão com os valores de volume médio mensal muito próximo ao limite do permitido em projeto, ultrapassando o mesmo apenas uma e/ou duas vezes, que é o caso dos poços CBA 3A, 5A e 34.

Logo, os poços que estão extraindo volumes de água acima do projetado não teriam a pressão sobre eles reduzida pelo aumento do volume explotado nos demais poços, sendo que os mesmos já se encontram muito próximo dos limites máximos de produção de água permitida. O aumento da demanda a ser atendida por esse grupo de poços, em parte ocorreu pela falta do poço CBA 4A. Contudo, este possivelmente não seja o único motivo, a demanda antes da desativação do poço CBA 4A já estava demonstrando sinais de aumento, os quais foram observados nos poços CBA 3A e 5A, com a tendência de elevação dos valores de volume médios mensais explotados. Sendo assim, a produção de água projetada desse grupo de poços existentes para o atendimento da demanda do reservatório R1 já demonstra ser insuficiente.

Figura 4. Valores médios mensais de volume de água explotado nos poços utilizados para o abastecimento do reservatório R1.



3.5 PRODUÇÃO DOS POÇOS RESPONSÁVEIS PELO ABASTECIMENTO DO RESERVATÓRIO R2 E R4

O reservatório R2 possui cerca de 21,5% da capacidade de armazenamento do município, sendo responsável também pelo abastecimento do R4 o qual possui cerca de 3% da capacidade de armazenamento total de Carlos Barbosa. Logo, o reservatório R2 é o segundo principal reservatório do município, sendo abastecido pelos poços CBA 9, 10, 11, e 12.

Com exceção do poço CBA 11, as medianas dos valores médios mensais de volume explotado foram inferiores ao projetado. No poço CBA 11, valores acima do projetado foram registrados em mais de 50 % do período monitorado, sendo que a mediana do valor ultrapassado foi de 20,37 m³ (Tabela 5).

Os poços CBA 9, 10 e 11, tiveram um novo teste de bombeamento no final do ano de 2014, alterando os seus dados de projeto e consequentemente o volume projetado. Os valores apresentados na tabela 5, para esses três poços, são referentes ao primeiro teste de bombeamento, sendo que os valores correspondentes aos novos testes de bombeamento só entraram em vigor no final da série de dados monitorados.

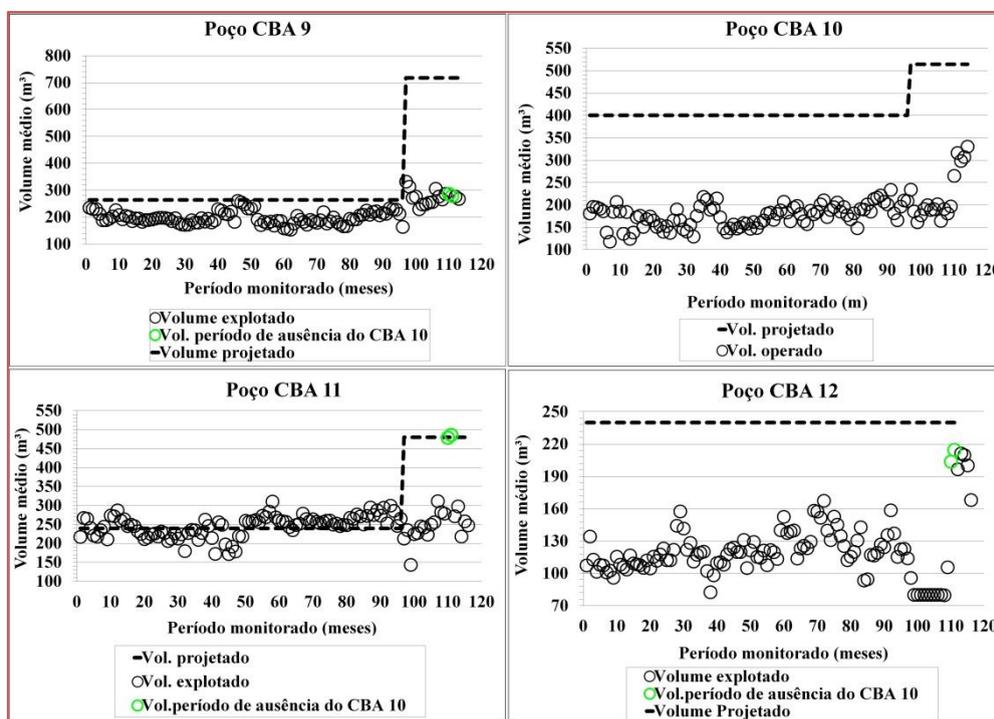
Tabela 5. Dados de produção do grupo de poços responsável pelo abastecimento do reservatório R2 e R4.

Poços	Volume projetado (m ³)	Mediana do vol. explotado (m ³)	Desvio padrão do vol. explotado (m ³)	% do tempo monitorado que o Vol. foi ultrapassado (h)	Mediana do valor de vol. Ultrapassado (m ³)
CBA 9	264*	197,48	36,64
CBA 10	400**	182,13	35,42
CBA 11	240***	249,96	42,71	54,31	20,37
CBA 12	240	117,64	27,78

* O volume projetado referente ao novo teste é de 717,84 m³ / ** O volume projetado referente ao novo teste é de 514,40 m³ / *** O volume projetado referente ao novo teste é de 480 m³.

Neste grupo de poços, apenas no poço CBA 11 foi observado valores médios mensais de volume explotado superior ao projetado (Tabela 5). Contudo, tais registros ocorreram somente antes do novo teste de bombeamento. Após o novo teste no poço CBA 11, foram registrados valores acima do projetado somente no período de ausência do poço CBA 10 (Figura 5).

Figura 5. Valores médios mensais de volume de água explotado nos poços utilizados para o abastecimento dos reservatórios R2 e R4.



O poço CBA 10 é um dos poços responsáveis pelo abastecimento no R2, o mesmo ficou desativado nos meses de novembro e dezembro de 2015, retornando em janeiro de 2016. Este poço é o segundo mais produtivo, ficando atrás apenas do poço CBA 9, sendo que a interrupção no seu bombeamento refletiu nos demais poços. Na figura 5, fica claro que a demanda do poço CBA 10, foi atendida de forma mais intensa pelos poços CBA 11 e 12, os quais demonstraram um aumento significativo, em relação aos volumes

comumente extraídos. No poço CBA 9 a influência da falta do poço CBA 10, foi mais sutil, sendo difícil de ser observada a partir dos dados mensais de volume da CORSAN, levando em consideração também que os valores de volume já estavam apresentando uma tendência de aumento neste período.

Nos últimos anos (final de 2014 até maio de 2016), os valores de volumes médios mensais de água extraídos para o abastecimento público nesse grupo de poços, estão abaixo do valor definido em projeto.

3.6 PRODUÇÃO DOS POÇOS RESPONSÁVEIS PELO ABASTECIMENTO DO RESERVATÓRIO R3

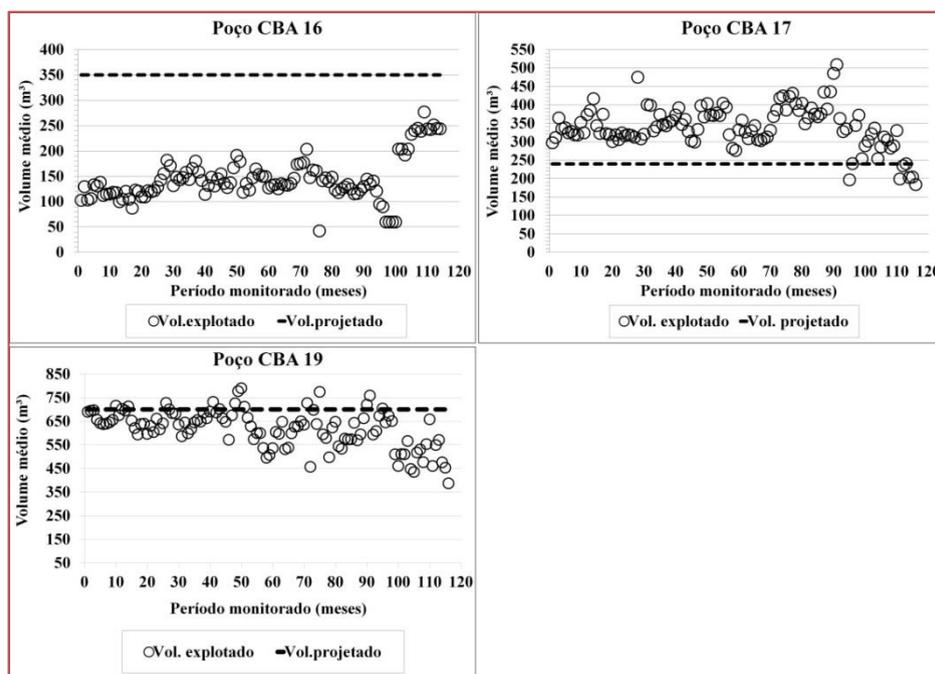
Este reservatório possui 21,5% da capacidade de armazenamento do município, sendo abastecido pelos poços CBA 16, 17 e 19. Desses poços apenas o poço 16, na totalidade do período monitorado, não ultrapassou o volume projetado. No poço CBA 17, o oposto ocorreu, ou seja, em quase que na totalidade do período monitorado os valores de mediana dos volumes médios mensais explorados foram superiores ao projetado, sendo que no poço CBA 19 o mesmo comportamento foi observado, só que em cerca de 13% do tempo, conforme tabela 6. A mediana dos valores de volume ultrapassado foi elevada no poço CBA 17, quase 100 m³. Logo, somente neste poço o valor de mediana dos volumes médios mensais foi superior ao projetado. Já no poço CBA 19 o valor de mediana do volume ultrapassado foi baixo, de 23,68 m³.

Tabela 6. Dados de produção do grupo de poços responsável pelo abastecimento do reservatório R3.

Poços	Volume projetado (m ³)	Mediana do vol. explotado (m ³)	Desvio padrão do vol. explotado (m ³)	% do tempo monitorado que o Vol. foi ultrapassado (h)	Mediana do valor de vol. Ultrapassado (m ³)
CBA 16	350	135,85	43,24
CBA 17	240	335,17	57,26	94,83	99,26
CBA 19	700	636,83	80,07	13,79	23,68

Os valores de desvio padrão apresentados na tabela 6, demonstra o comportamento variável do volume explotado, o qual pode ser observado na figura 6.

Figura 6. Valores médios mensais de volume de água nos poços utilizados para o abastecimento do reservatório R3.



Mesmo com o comportamento habitual dos poços CBA 17 e 19, de explorarem volumes médios mensais acima do projetado, nos últimos anos (final de 2014 até maio de 2016), nesses dois poços foi observado uma redução dos valores de volume explorados. Nesse período, no poço CBA 19 o volume médio mensal explorado não ultrapassou o projetado, sendo que no poço CBA 17, após cerca de 8 anos, apresentaram uma redução significativa dos valores de volumes médio mensal de água explorado, chegando a ficar abaixo do projetado. Essa redução observada nesses dois poços, não correspondeu efetivamente a uma redução da demanda neste reservatório, pois no mesmo período ocorreu um aumento significativo nos valores de volume médio mensal explorados no poço CBA 16, conforme pode ser observado na figura 6.

3.7 DIAGNÓSTICO DO ATENDIMENTO DA DEMANDA REALIZADO ATRAVÉS DOS RESERVATÓRIOS R1, R2, R3 E R4

Nos três grupos de poços utilizados para abastecer os reservatórios foi identificado um problema de gestão, pois a distribuição da demanda entre os poços está sendo distribuída de forma heterogênea, sendo a mesma atendida de forma mais intensa por alguns poços do que em outros.

Nos últimos anos (final de 2014 até maio de 2016), o grupo de poços responsáveis pelo abastecimento dos reservatórios R3, foi o único a demonstrar uma melhora em relação à falha na gestão descrita anteriormente. Neste grupo de poços, foi observado neste período um maior equilíbrio da distribuição da demanda entre os poços, sendo o volume explorado reduzido nos poços que comumente estavam extraindo valores superiores ao projetado e elevado no poço que habitualmente explorava valores significativamente inferiores a sua capacidade de produção.

Mesmo que atualmente, no grupo de poços responsável pelo abastecimento dos reservatórios R2 e R4 não haja nenhum poço explorando valores de volume médio mensal acima do projetado, a distribuição segue heterogeneia, sendo que os poços CBA 10 e 12 apresentaram um aumento significativo do volume médio mensal explorado, enquanto os poços CBA 9 e 11 não apresentaram variação em seu comportamento, levando em consideração que o comportamento de elevação em dois meses no poço CBA 11 esta relacionado a ausência de bombeamento no poço CBA 10.

No grupo de poços responsáveis pelos reservatórios R1 a situação observada é mais crítica, em relação aos demais grupos, porque além da distribuição desigual da demanda entre os poços, a maioria deles, estão explorando volumes médios mensais acima do projetado e os que não se encontram nesta situação, estão operando com valores de volume médio mensal muito próximo do limite de projeto. Logo a demanda atualmente existente neste reservatório é superior à capacidade total de produção dos oito poços utilizados para o abastecimento do mesmo.

4 CONCLUSÃO

Os dados de produção dos poços utilizados pela CORSAN para o abastecimento público de água no perímetro urbano de Carlos Barbosa, demonstraram que a demanda atendida pelos 3 grupos de poços tubulares é dividida de forma heterogênea entre os poços de cada grupo.

Já está ocorrendo, na maioria dos poços do reservatório R1, uma extração de água média mensal, acima da projetada para o atendimento da demanda, indicando a necessidade de novas perfurações.

A demanda existente no reservatório R3, atualmente, está sendo distribuída de forma mais homogênea entre os poços, se encaminhando para uma operação de acordo com o projetado em todos os poços. No reservatório R2 e R4, mesmo com os poços trabalhando abaixo do projetado, ainda se faz necessário um replanejamento da operação dos mesmos, visando uma distribuição mais homogênea da demanda.

O reflexo do quadro atual da produção dos poços exposto neste trabalho no aquífero e difícil de ser estimado a partir do monitoramento quantitativo realizado nos poços pela CORSAN, o qual possui algumas limitações, por ser manual e por depender da visita de um técnico para a realização do mesmo, contudo, esta situação possivelmente será sanada com o novo sistema de monitoramento implantado, o SIGAS.

REFERÊNCIAS

- [1] IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico - 2008. Rio de Janeiro, 2010.
- [2] LEAL, A.S. As águas subterrâneas no Brasil: Ocorrências, Disponibilidades e Uso. In: FREITAS, M.A.V. (Org.). O Estado das Águas no Brasil. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica; Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas; Ministério do Meio Ambiente, Secretaria dos Recursos Hídricos, Ministério de Minas e Energia, 1999. 334p.
- [3] MOURÃO, M.A.A. Projeto “Implantação de Rede Integrada de Monitoramento das Águas Subterrâneas”. 2009. Disponível em: < http://www.cprm.gov.br/publique/media/proposta_monitoramento_CPRM_2009.pdf > Acesso em: 12 de fevereiro, 2015.
- [4] PJS GEOLOGIA LTDA. Plano Municipal de Saneamento Básico de Carlos Barbosa Versão Preliminar 1. 2013. Disponível em: < http://www.carlosbarbosa.rs.gov.br/site/uploads/files/plano_%C3%81gua_esgoto_drenagem_-_vpre1.pdf> Acesso em: 17 de dezembro, 2014.
- [5] REGINATO, P.A.R.; STRIEDER, A.J. Integração de Dados Geológicos na Prospecção de Aquíferos Fraturados na Formação Serra Geral. Revista da Associação Brasileira de Águas Subterrâneas. V.20, n.1, p. 1-14, 2006.
- [6] ROISENBERG, A.; VIERO, A.P. 2002. O Vulcanismo Mesozoico da Bacia do Paraná no Rio Grande do Sul. In: Holz, M.; De Ros, L.F. (Edit.). Geologia do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: CIGO/UFRGS. Porto Alegre, 2000. 444p. il-Edição Revista, 2002.

Capítulo 13

Análise do relevo para o mapeamento de áreas favoráveis ao processo de infiltração

Anna Hoffmann Oliveira

Gustavo Klinke Neto

Sueli Yoshinaga Pereira

Resumo: A recarga tem início com a infiltração da água superficial através do perfil do solo, alcançando os aquíferos. Este processo pode levar dias, meses ou anos dependendo das características dos aquíferos, tais como sua profundidade, geologia e transmissividade. Os modelos hidrológicos são capazes de determinar o movimento de água no solo através dos processos de infiltração, percolação e escoamento superficial e subsuperficial. O objetivo deste trabalho foi aplicar o TWI numa sub-bacia de 524 ha localizada às margens do Rio Mogi Guaçu, no município de Mogi Guaçu (SP). Nas áreas de cabeceira, onde o relevo é ondulado, a umidade é reduzida, em vista do favorecimento do escoamento superficial, refletindo diretamente na diminuição da infiltração de água. As áreas com elevado índice de umidade possuem maior potencial de recarga subterrânea de água e, portanto, o TWI foi eficaz em definir na paisagem as regiões mais favoráveis à infiltração da água no perfil do solo. Tais regiões se concentram preferencialmente nas conexões de áreas planas com regiões de concentrações de fluxo, o que torna fundamental a conservação da vegetação nestas áreas, a fim de aumentar a infiltração, reduzir a suscetibilidade à erosão e aumentar a recarga hídrica na sub-bacia.

Palavras-Chave: Índice topográfico. Infiltração. Fluxo acumulado.

1. INTRODUÇÃO

As componentes do ciclo hidrológico, como a infiltração, evapotranspiração e escoamento superficial, necessitam considerar a caracterização do meio físico para o seu estudo. O comportamento do escoamento superficial é definido pela topografia que, por sua vez, define a bacia hidrográfica, unidade referência em estudos-físico territoriais. Em sub-bacias menores, a declividade é maior e as características do solo acarretam em áreas com mais expressividade do fenômeno de recarga de aquíferos, embora ocorra descarga nas surgências (Tucci, 2009). Quanto maiores a área, forma e declividade da bacia, tanto maior deverá ser a vazão máxima de escoamento superficial. A topografia influencia a velocidade da água e capacidade de armazenamento da água sobre o solo, quanto mais plana é a área, maior a sua capacidade de armazenamento de água.

A recarga tem início com a infiltração da água superficial através do perfil do solo, alcançando os aquíferos. Este processo pode levar dias, meses ou anos dependendo das características dos aquíferos, tais como sua profundidade, geologia e transmissividade. Os modelos hidrológicos são capazes de determinar o movimento de água no solo através dos processos de infiltração, percolação e escoamento superficial e subsuperficial (Sabzavari et al., 2010). Em se tratando de um modelo de índice topográfico de umidade, é possível analisar a disponibilidade hídrica na paisagem, além de previsão de enchentes e planejamento de uso do solo mais eficazes em termos de redução da vulnerabilidade ambiental.

Segundo Capoane et al. (2015), a manutenção da qualidade ambiental de bacias hidrográficas agrícolas, está diretamente relacionada com áreas de saturação hídrica temporária ou permanente, que exercem uma importante função do ponto de vista hidrológico, ecológico e geomorfológico. Essas áreas, apresentam forte relação com a dinâmica do lençol freático, devido à expansão e contração durante eventos pluviométricos.

A modelagem do relevo e dos atributos topográficos com finalidade de estudos hidrológicos, pedológicos e geomorfológicos vem se desenvolvendo rapidamente com o avanço da computação e a implementação de novas teorias e novos modelos de cálculo. Como resultado, os atributos topográficos analisados podem ser divididos em primários e secundários ou compostos. Atributos primários podem ser obtidos diretamente do modelo digital de elevação (MDE) e incluem variáveis como elevação, declividade, plano e perfil de curvatura, caminho de fluxo e área específica de contribuição. Os atributos secundários ou compostos envolvem combinações de atributos primários e podem ser usados para caracterizar a variabilidade espacial de processos específicos que ocorrem na paisagem (Sirtoli et al., 2008).

Neste sentido, merece atenção especial a qualidade da base de dados que dará origem ao MDE. Atualmente, existe grande disponibilidade de diversas bases de dados altimétricos, como as cartas topográficas do território nacional digitalizadas, elaboradas pela Diretoria do Serviço Geográfico (DSG) do Exército na década de 70, e as bases globais digitais obtidas por radar, como a SRTM (90 m) e a TOPODATA (30 m). Contudo, cabe ressaltar que as citadas referências não apresentam resultados confiáveis para estudos mais detalhados em escala inferior a 1: 50.000.

Numa bacia hidrográfica, áreas mais suscetíveis à saturação são àquelas onde o lençol freático localiza-se superficialmente, em pedofoma côncava. Componentes como relevo, geologia, hidrografia, solos e também às atividades antrópicas e cobertura vegetal, também podem atuar no aumento ou diminuição dessas áreas.

Portanto, a identificação de áreas com saturação hídrica temporária ou permanente é de grande relevância no entendimento da dinâmica hidrológica e os índices topográficos de umidade (sigla TWI – acrônimo em inglês para Topographic Wetness Index) são de grande relevância neste sentido, pois abordam a relação entre a declividade local e a área de contribuição específica de montante possuindo, assim, uma variação espacial significativa (Capoane et al., 2015). Neste sentido, com o objetivo de identificar e mapear as áreas favoráveis a infiltração de água no perfil do solo, o presente trabalho utilizou um levantamento topográfico de alta precisão (escala 1:10.000) para analisar o relevo e os atributos topográficos a fim de aplicar o índice topográfico de umidade (TWI) em uma sub-bacia hidrográfica na planície aluvionar do Rio Mogi Guaçu.

2. MATERIAL E MÉTODOS

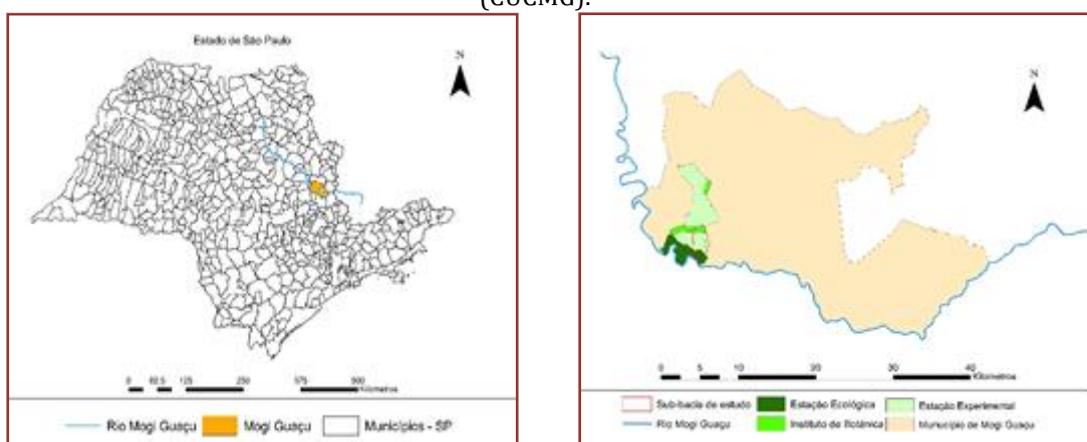
2.1. ÁREA DE ESTUDO

A sub-bacia de estudo possui área de 524 ha e está localizada às margens do médio curso superior do Rio Mogi Guaçu, no município de Mogi Guaçu (SP). A sub-bacia integra o Complexo de Unidades de

Conservação de Mogi Guaçu (CUCMG), situado na zona de transição entre os biomas Cerrado e Mata Atlântica. Apresentando características bióticas de ambos os biomas, pode ser considerada uma área de tensão ecológica ou um ecótono e inclui também uma importante parcela da Área de Preservação Permanente (APP) do Rio Mogi Guaçu, de suas sub-bacias e mananciais. Contudo, o relevo suave ondulado da área potencializa seu uso agrícola e urbano, aumentando assim a importância de sua conservação na matriz florestal da região.

O clima da região, conforme a classificação de Koppen, varia entre Aw (clima tropical com estação seca de inverno e chuvosa no verão) e Cwa (clima temperado úmido com inverno seco e verão quente) com médias anuais de temperatura de 21,5 °C e precipitação de 1.500 mm. As principais formações vegetais na sub-bacia são: Floresta Estacional Semidecidual Submontana (Mata Atlântica), Floresta Estacional Semidecidual Aluvial (Mata Galeria), vegetação com influência fluvial (várzeas e os campos úmidos), florestas de Pinus e Eucalipto não manejadas há cerca de 20 anos, e pastagem na mesma condição. Os solos da sub-bacia de estudo possuem textura média a arenosa e as classes presentes são o Gleissolo Háplico (GX) e Gleissolo Melânico (GM) distróficos e o Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA).

Figura 1 – Localização da sub-bacia de estudo no Complexo de Unidades de Conservação de Mogi Guaçu (CUCMG).



2.2.ÍNDICES TOPOGRÁFICOS

Com a finalidade de obtenção de uma base de dados sólida e detalhada para subsidiar a geração do modelo digital de elevação (MDE), foi realizado o levantamento topográfico de uma malha de pontos altimétricos com alta precisão espalhados arbitrariamente em toda a área de estudo, através do equipamento Receptor GNSS Geodésico Topcon Hiper L1/L2, com 40 canais universais capaz de rastrear sinais de satélites GPS e GLONASS, precisão horizontal de 3 mm + 0,5 PPM e precisão vertical de 5mm + 0,5 PPM. Os dados levantados foram transferidos para o software ArcGIS 10.2 onde foi realizada a construção do MDE com o auxílio da ferramenta Topo to Raster. Esta ferramenta apresenta um método específico de interpolação desenvolvido para a geração de modelos de elevação hidrológicamente corretos. Seu funcionamento prioriza a geração de uma rede fluxo coerente e conectada, bem como garante a correta representação das linhas de cumeada e das linhas de drenagens presentes na base original (Esri, 2014).

Os atributos topográficos obtidos a partir do MDE e utilizados para a geração do Índice Topográfico de Umidade foram: elevação, declividade, direção de fluxo, fluxo acumulado ou área de contribuição e o índice topográfico de umidade.

Conceitualmente, a declividade do terreno é definida como a taxa de diminuição da altura na direção do aspecto, e o aspecto corresponde à direção de máximo gradiente (Minella e Merten, 2012). A declividade exerce influência direta sobre o fluxo da água, o processo erosivo, o sombreamento, a energia solar recebida, a reflectância da superfície, a temperatura, dentre outras variáveis.

A direção, a distribuição e a consequente acumulação do fluxo em um MED são os principais pontos a serem controlados em um estudo hidrológico. Neste sentido, foi utilizado o software SAGA (System for Automated Geoscientific Analyses) que apresenta a mais completa base em relação aos algoritmos de direção de fluxo. Merece destaque na literatura e foram testados neste estudo os algoritmos D_{∞}

(TARBOTON, 1997), MFD – Multiple Flow Direction (FREEMAN, 1991) e Rho 8 (FAIRFIELD & LEYMARIE, 1991). A área de contribuição é calculada a partir do produto do fluxo acumulado pela área de cada célula.

O índice topográfico de umidade (TWI), por definição, apresenta a distribuição das zonas de saturação de água superficial e do conteúdo de água nos solos (Sirtoli et al., 2008). Assim, com base no MDE, o TWI estima um balanço entre acúmulo de água e condições de drenagem em escala local (Hancock et al., 2010).

Numericamente o TWI é representado pela expressão (Beven e Kirkby, 1979):

$$TWI = \ln \frac{a}{\tan b}$$

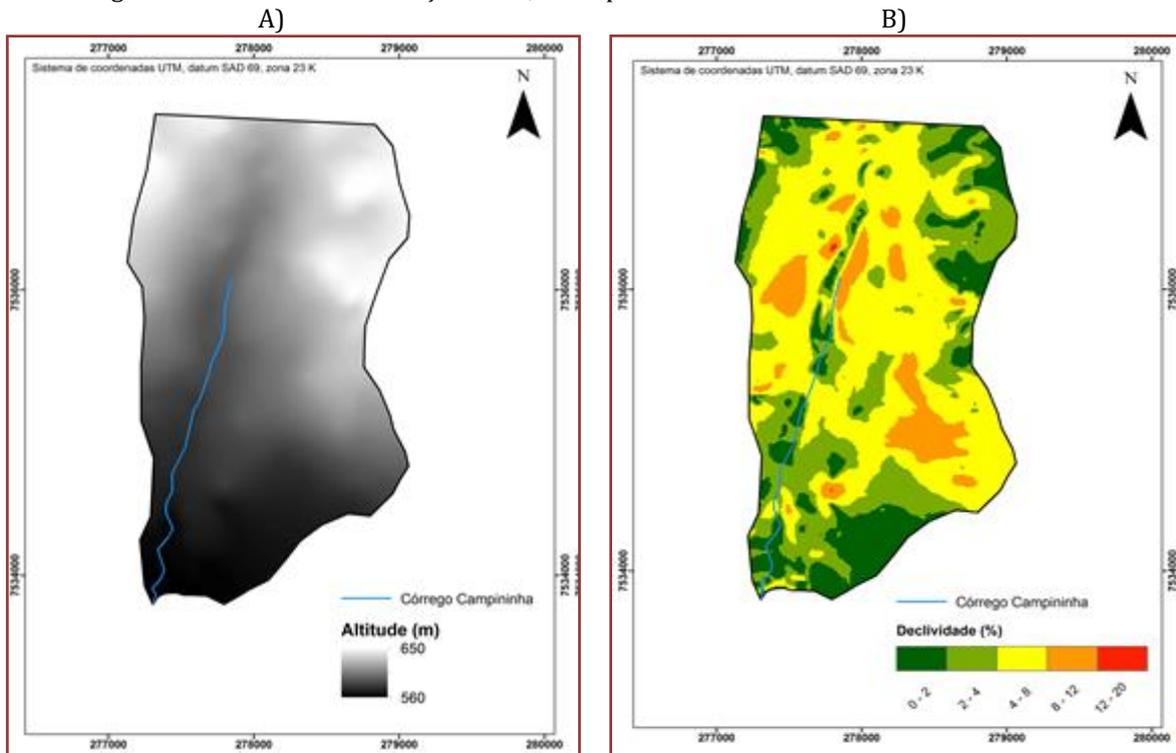
onde: a = área de contribuição x tamanho do grid em m²; b = declividade expressa em radianos.

O modelo considera que o fluxo infiltra até um plano de mais baixa condutividade, em geral o contato solo-rocha, seguindo então um caminho determinado pela topografia.

3.RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise da topografia da sub-bacia obteve uma altitude média de 617 m e elevações mínima e máxima de 560 a 650 metros, respectivamente (Figura 1-A). A declividade, Figura 1-B, mostra uma área muito plana (Figura 1-B), de relevo bem suave, às margens do Rio Mogi Guaçu. A parte sudeste da sub-bacia, apresenta uma área de várzea inundável sazonalmente, de relevo muito plano e rede de drenagem difusa, não apresentando um único canal principal de escoamento superficial. Neste caso, o solo turfoso e de baixa densidade favorece diretamente a infiltração de água no perfil do solo, agindo também como área de retenção de sedimentos e consequente inibidor do assoreamento causado por perturbações no uso do solo na parte superior da bacia.

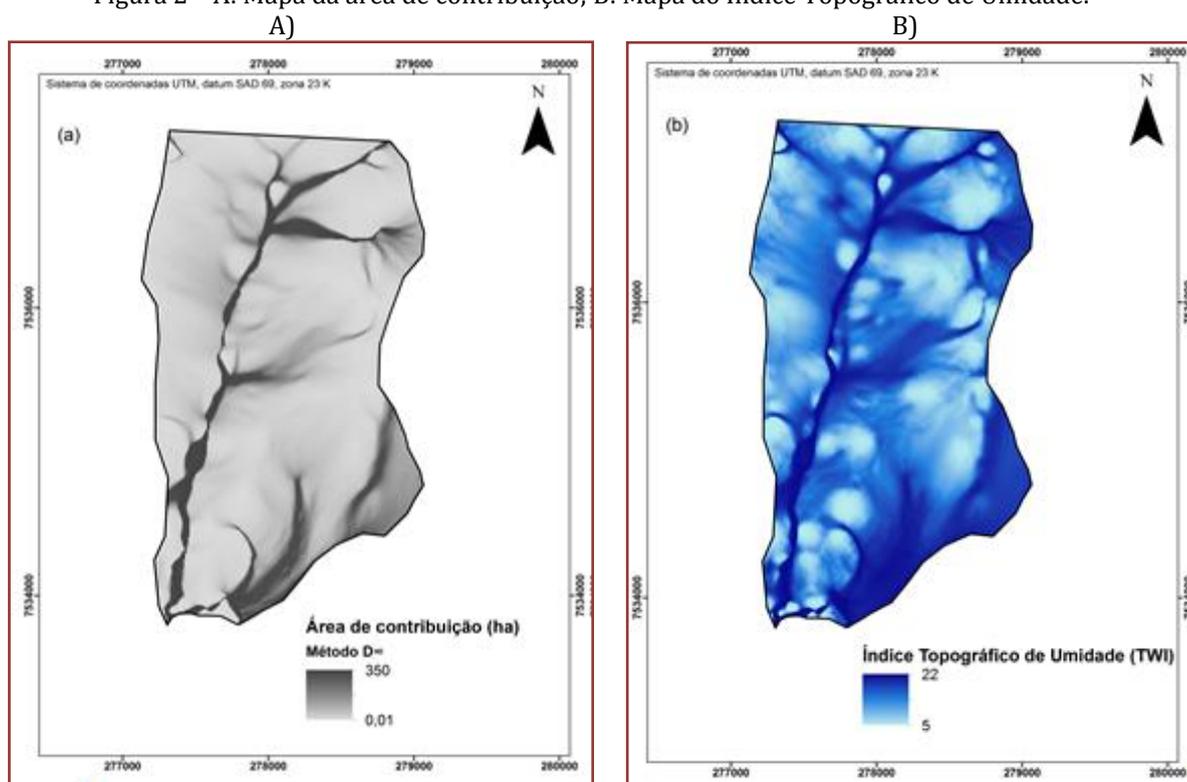
Figura 1 – A: MDE com resolução 10 m; B: Mapa de declividade da sub-bacia de estudo.



Em relação aos modelos testados para direção de fluxo, optou-se pelo algoritmo D^∞ (Figura 2-A) que em comparação direta com a rede de drenagem obtida em campo apresentou os melhores resultados. O método D^∞ é reconhecido por ter a vantagem de considerar a forma da superfície divergente, ou seja, o fluxo também pode ser divergente (BOGAART & TROCH, 2006). Conseqüentemente, este método proporciona o maior detalhamento e uma melhor definição dos caminhos preferenciais do fluxo que formam a rede de drenagem da sub-bacia, sendo mais preciso e, portanto, adequado as análises hidrológicas em pequenas escalas como nesta pesquisa.

O modelo gerado neste estudo, também revelou com detalhes o sistema de drenagem de águas pluviais presentes na sub-bacia e os caminhos preferencias do fluxo durante um evento pluviométrico. Além do próprio curso d'água presente na área, podemos perceber a presença de dois drenos principais na parte nordeste da sub-bacia e também, a concentração de fluxo nas áreas ao sul, áreas estas de relevo plano e ocupadas por florestas nativas, evidenciando o caráter protetor do solo que neste caso se torna ainda mais importante devido ao alto fluxo superficial nestes locais.

Figura 2 – A: Mapa da área de contribuição; B: Mapa do Índice Topográfico de Umidade.



O TWI encontrado (Figura 2-B) apresentou como distribuição espacial uma boa interação entre a declividade e a área de contribuição. As áreas com maior umidade se concentram não somente ao longo das linhas de drenagem, mas, preferencialmente nas conexões de áreas planas com regiões de concentrações de fluxo. Estas áreas favorecem o espalhamento da água na superfície do relevo e conseqüentemente aumentam o tempo de escoamento, possibilitando assim uma maior infiltração da água no perfil do solo.

O índice mais elevado na rede de drenagem principal, com destaque para a área ao sul da bacia onde as linhas de drenagem se encontram com o Rio Mogi Guaçu, denota a importância de se preservar estas áreas por atuarem como elementos de conectividade hidrológica entre a paisagem e os corpos hídricos, corroborando as observações de Sielfert e Santos (2010).

As áreas ao noroeste da sub-bacia, de maior elevação e maior declividade, e fora das imediações da rede de drenagem, representaram as áreas de menor TWI, fato este explicável pela menor presença de linhas de fluxo associadas a uma maior velocidade de escoamento não gerando condições propícias a infiltração. O relevo mais ondulado das áreas de cabeceira, que são fundamentais para a recarga de água subterrânea, favorece o escoamento superficial afetando negativamente a umidade e, conseqüentemente, ocasionando uma redução da infiltração de água nestes locais (Figura 2-B). Assim, é importante a conservação da

vegetação e adoção de práticas conservacionistas do solo nestas áreas de relevo mais movimentado, a fim de aumentar a infiltração, reduzir o potencial erosivo e aumentar a recarga hídrica na sub-bacia.

4. CONCLUSÕES

O TWI detalhou a área em regiões distintas quanto ao potencial de infiltração e conseqüentemente ao favorecimento ao processo de recarga. Nas áreas distantes da rede de drenagem, onde o relevo é mais ondulado, a umidade é reduzida, em vista do favorecimento do escoamento superficial, refletindo diretamente na diminuição da infiltração de água.

As áreas com elevado índice de umidade se concentram preferencialmente nas conexões de áreas planas com regiões de concentrações de fluxo, o que torna fundamental a conservação da vegetação nestas áreas, a fim de aumentar a infiltração, reduzir a suscetibilidade à erosão e aumentar o favorecimento ao processo recarga hídrica na sub-bacia.

AGRADECIMENTOS

À CAPES e ao CNPq, pela concessão das bolsas de estudo aos autores deste trabalho; à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo financiamento do projeto (Nº 2013/22729-2); e ao Instituto Florestal (IF-SP) pelo apoio logístico para condução do estudo.

REFERÊNCIAS

- [1] Beven, K.J., Kirkby, M.J., 1979. A physically-based variable contributing area model of basin hydrology. *Hydrology Science Bulletin*, v.24, n.1, p.43-69,
- [2] Bogaart, P. W.; Troch, P. A., 2006. Curvature distribution within hillslopes and catchments and its effect on the hydrological response. *Hydrology and Earth System Sciences*, Göttingen, v. 10, p. 925-936.
- [3] Campos, M.C.C.; Cardozo, N.P.; Marques Júnior, J., 2006. Modelos de paisagem e sua utilização em levantamentos de pedológicos. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, v. 6, n. 1, p. 104-114.
- [4] Capoane, V.; Tiecher, T.; Alvarez, J.W.R.R.; Pellegrini, A.; Schaefer, G.L.; Santos, L.J.C.; dos Santos, D.R., 2015. Influência da resolução do modelo digital de elevação na determinação do índice topográfico de umidade e na capacidade de predição dos teores carbono orgânico do solo. *Revista Geo*, n.27, p.144-155.
- [5] Environmental Systems Research Institute – ESRI, 2014. ArcGIS Professional GIS for the desktop, version 10.2. Redlands. CD ROM.
- [6] Fairfield, J.; Leymarie, P., 1991. Drainage networks from grid digital elevation models. *Water Resources Research*, v.27, p.709-717.
- [7] Freeman, G.T., 1991. Calculating catchment area with divergent flow based on a regular grid. *Computers and Geosciences*, v.17, p.413-22.
- [8] Hancock, G. R.; Murphy, D.; Evans, K. G., 2010. Hillslope and catchment scale soil organic carbon concentration: Na assessment of the role of geomorphology and soil erosion in an undisturbed environment. *Geoderma*, v.155, n.36-45.
- [9] Hewlett, J.D.; Hibbert, A.R. Factors affecting the response of small watersheds to precipitation in the humid areas. In: *International Symposium On Forest Hydrology*, 1., 1965, New York. Proceedings... New York: Pergamon, 1967. P. 275-290.
- [10] Minella, J.P.G.; Merten, G.H., 2009. Índices topográficos aplicados à modelagem agrícola e ambiental. *Revista Ciência Rural*, v.42, n.9.
- [11] Sabzevari, T. et al. A steady-state saturation model to determine the subsurface travel time (STT) in complex hillslopes. *Hydrology and Earth System Sciences*, Göttingen, v.14, n.6, p.891-900. 2010.
- [12] Siefert, C. A. C.; Santos, I. dos., 2010. Áreas hidrologicamente sensíveis: teoria e aplicação para a bacia do rio Barigui, PR, Brasil. *Revista Ambiente & Água*, Taubaté, v. 5, n. 2, p. 61-76.
- [13] Sirtoli, A.E.; da Silveira, C.T.; da Silva, C.R.; Montovani, L.E.; Ribeiro, S.R.A.; Oka-Fiori, C., 2008. Atributos topográficos secundários no mapeamento de pedoformas. *Revista Geociências*, v.27, n.1, p.63-77.
- [14] Tarboton, D.G., 1997. A new method for the determination of flow directions and upslope areas in grid digital elevation models. *Water Resources Research*, v.33, n.2, p.309-319.
- [15] Tucci, C. E. M. (org.). *Hidrologia: Ciência e Aplicação*. Segunda Edição. ABRH. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Editora da Universidade. 2009. 944p.

Capítulo 14

Uma revisão das técnicas de modelagem e mapeamento de inundações em regiões urbanas

Jakcemara Caprario

Fabiane Andressa Tasca

Aline Schuck Rech

Nivea Morena Gonçalves Miranda

Larissa Thainá Schmitt Azevedo

Alexandra Rodrigues Finotti

Resumo: O aumento da frequência e magnitude das inundações em regiões urbanas tem se tornado uma questão mundial, sendo motivo de vários estudos nas últimas décadas. O desenvolvimento urbano descontrolado aliado ao planejamento inadequado e às mudanças climáticas vem agravando este fenômeno. Estas alterações influenciam diretamente o ciclo hidrológico local, elevando a vazão de pico das bacias e, conseqüentemente, degradando a qualidade de vida da população. Dentro da gestão do espaço urbano é de grande valia o mapeamento das áreas suscetíveis à ocorrência de inundações, identificando, por meio de um zoneamento ambiental e urbano, quais as áreas podem ser ocupadas pela população. Neste contexto, esta pesquisa visa revisar as principais técnicas de modelagem e mapeamento de inundações urbanas, sumarizando as vantagens e desvantagens de cada aplicação. As informações encontradas apontam que o acoplamento das técnicas de modelagem é uma abordagem prática que fornece estimativas realistas das áreas de ocorrência de inundações. Contudo, ressalta-se a necessidade de aperfeiçoamento dessas simulações aprimorando os métodos de coleta de dados em campo.

Palavras-Chave: Manejo de Águas pluviais; Mapeamento; Técnicas de modelagem.

1. INTRODUÇÃO

A impermeabilização pode ser considerada o agravante de maior impacto na ocorrência de enchentes e inundações urbanas. O desenvolvimento descontrolado das cidades provoca grandes impactos no sistema hídrico, causando entupindo de bueiros, inundações urbanas e contaminação dos mananciais superficiais e subterrâneos (Yannopoulos *et al.*, 2011; Yang *et al.*, 2014).

Na última década ocorreu um avanço no desenvolvimento de medidas de redução e mitigação de inundações urbanas, transitando de estratégias tradicionais de defesa para opções mais elaboradas de prevenção e previsão. Nessa modificação incluiu-se a modelagem, o mapeamento das áreas de suscetibilidade e a elaboração de planos de gestão dos riscos (Sousa, 2012). As técnicas de modelagem e mapeamento das áreas suscetíveis à ocorrência de inundações são importantes ferramentas de comunicação com a população, pois dão melhor percepção da distribuição espacial das ocorrências, bem como dos consequentes riscos associados (Hagemeier-Klose e Wagner, 2009).

A Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC), instituída pela Lei Nº 12.608/12, estabelece que cada município identifique e mapeie as áreas ameaçadas, suscetíveis e vulneráveis a desastres ambientais, visando evitar ou mesmo reduzir suas ocorrências. A partir destas ações, os gestores públicos poderão estabelecer e implantar medidas estruturais e não estruturais, evitando ou mesmo minimizando os danos associados (Reis *et al.*, 2014).

Neste contexto, esta revisão objetivou descrever as técnicas de modelagem e mapeamento de inundações urbanas encontradas na literatura, apresentando as vantagens e desvantagens de suas aplicações.

2. TÉCNICAS DE MODELAGEM E MAPEAMENTO

Para a realização de modelagens e mapeamentos de áreas suscetíveis à ocorrência de inundações existem diferentes instrumentos que facilitam e aperfeiçoam o uso das diversificadas informações obtidas em campo. Dentre os principais instrumentos encontrados na literatura destacam-se: modelagem hidrológica, modelagem hidráulica, método de Análise Hierárquica de Processos (AHP), Sistema de Informações Geográficas (SIG) e sensoriamento remoto. Estes instrumentos são apresentados a seguir.

3. MODELAGEM HIDROLÓGICA

O aumento da compreensão dos fenômenos naturais associados ao ciclo hidrológico possibilita o desenvolvimento de modelos matemáticos que representam a realidade física dos fenômenos (Caetano e Casaroli, 2016). Esses modelos hidrológicos descrevem a dinâmica da água nos ecossistemas naturais com precisão aceitável, sendo muito usados como ferramenta de gestão dos recursos hídricos (Monte *et al.*, 2016).

Devida à característica de representação dos fenômenos hidrológicos de forma muito aproximada da dinâmica real, os modelos gerados são muito utilizados para suprir dados hidrológicos indisponíveis e/ou complementar séries já existentes (Machado *et al.*, 2017). A modelagem hidrológica é considerada uma importante ferramenta para o planejamento e gerenciamento de programas de recursos hídricos em nível de bacia hidrográfica, permitindo a previsão hidrológica de condições futuras (Cabral *et al.*, 2017). Para uma adequada simulação e representação dos processos hidrológicos, estes modelos requerem informações básicas, tais como (a) dados ou estimativas de chuvas e vazões a montante da área em estudo e (b) dados fisiográficos de boa qualidade, sendo que a deficiência destes promovem problemas na modelagem (Monte *et al.*, 2016).

O grande desafio para a modelagem hidrológica está relacionado com a necessidade de adaptação dos modelos em relação ao comportamento hidrológico e a disponibilidade de dados em nível de bacia, principalmente os relacionados com o uso e ocupação do solo, formas do relevo e séries temporais de precipitação, vazão e sedimentação (Caetano e Casaroli, 2016; Machado *et al.*, 2017). Desta forma, faz-se de extrema importância realizar a análise de incerteza dos resultados, determinando os intervalos de confiança das predições das modelagens (Cabral *et al.*, 2017).

Outra forma de minimizar as incertezas dos modelos hidrológicos decorrentes da limitação dos dados de entrada é o acoplamento destes com modelos hidráulicos e técnicas de sensoriamento remoto e Sistemas de Informações Geográficas (SIGs). O acoplamento destes instrumentos permite a realização de uma simulação simples, econômica e realista, otimizando a modelagem e facilitando a visualização dos resultados (Caetano e Casaroli, 2016; Monte *et al.*, 2016).

4. MODELAGEM HIDRÁULICA

A modelagem hidráulica, comumente denominada modelagem hidrodinâmica, é a descrição matemática dos fenômenos que caracterizam as águas superficiais e/ou subterrâneas, prevendo por meio de simulações computacionais o seu real comportamento (Coutinho e Pinto, 2014). A maioria dos modelos hidráulicos permite a simulação do escoamento unidimensional em regime permanente e a propagação uni e bidimensional em regime transitório. Estas características facilitam a sistematização e análise dos processos hidráulicos ocorridos em canais de drenagem naturais e/ou artificiais e as planícies de inundação adjacentes, destacando sua extrema importância para o planejamento urbano (Ribeiro e Lima, 2011; Coutinho e Pinto, 2014).

Assim como na modelagem hidrológica, para se obter uma representação adequada dos processos envolvidos é necessário um banco de informações básicas de boa qualidade, o qual deve contemplar: (a) estimativas de vazões a montante da área de estudo, (b) dados topobatimétricos do fundo do canal do rio e (c) morfologia da região no entorno do curso d'água (Monte *et al.*, 2016). Além do banco de dados de qualidade, faz-se necessária a calibração do modelo hidráulico, sendo possível realizar esta com eventos de baixa magnitude, como por exemplo, eventos com tempo de recorrência de 150 anos (Coutinho e Pinto, 2014).

5. MÉTODO DE ANÁLISE HIERÁRQUICA DE PROCESSO (AHP)

O método AHP (*Analytic Hierarchy Process*) foi desenvolvido por Thomas Lorie Saaty na década de setenta, sendo considerado uma poderosa ferramenta de análise de problemas complexos que auxilia no processo de tomada de decisão (Dahri e Abida, 2017). Aplicado com sucesso em vários estudos de gestão de recursos hídricos, o método AHP permite uma visão global das relações existentes entre os fatores que influenciam um determinado processo, criando uma hierarquia de decisão composta por vários níveis de atributos, representados por metas, critérios e alternativas (Al-Abadi *et al.*, 2017; Pinto *et al.*, 2017).

O processo de análise por meio da criação de uma hierarquia de decisão é considerado extremamente flexível, possibilitando uma análise mais adequada e com maior consistência dos fenômenos, incluindo todos os aspectos qualitativos e quantitativos envolvidos (Mirzazadeh *et al.*, 2017; Rahaman e Aruchamy, 2017). De uma forma geral, o método AHP baseia-se em três princípios: (a) construção de uma hierarquia de decisão, (b) definição de prioridades entre os atributos, e (c) análise de consistência lógica das decisões adotadas (Mirzazadeh *et al.*, 2017).

O grande número de parâmetros e a heterogeneidade dos dados tornam difícil a quantificação das incertezas dos resultados, sendo necessária uma avaliação exaustiva da aplicação do método para assegurar sua robustez (Dahri e Aiba, 2017). Apesar da difícil quantificação das incertezas, o método oferece uma solução simples, de baixo custo e acessível para a tomada de decisões complexas, combinando a forma de pensamento humano com os fatores ambientais de influência (Al-Abadi *et al.*, 2017).

6. SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG)

Os SIGs são ferramentas projetadas para manipular, integrar e visualizar com rapidez e precisão um grande volume de dados espaciais, permitindo localizar qualquer objeto da superfície terrestre por meio de um par de coordenadas geográficas (Dahri e Abida, 2017). Estas características agregam grande importância para a gestão e análise de problemas cotidianos complexos, ligados principalmente ao planejamento de órgãos públicos e à proteção do meio ambiente (Liu *et al.*, 2017).

O princípio de funcionamento do SIG baseia-se no cruzamento e sobreposição das informações contidas no banco de dados, gerando como produto final dos processamentos uma gama de mapas temáticos (Araújo Júnior e Tavares Júnior, 2017). Devida esta facilidade e rapidez de tratamento de informações o SIG muitas vezes é combinado com outros instrumentos, como por exemplo, o método AHP e os modelos hidráulicos, passando a ser uma importante ferramenta de apoio à tomada de decisões (Dahri e Abida, 2017).

7. SENSORIAMENTO REMOTO

A técnica do sensoriamento remoto consiste na obtenção de dados da superfície terrestre por meio de sensores à distância, instalados em plataformas terrestres, aéreas ou orbitais (Florenzano, 2011). Esta

técnica permite a obtenção de imagens e outros tipos de dados da superfície, por meio da captação e do registro da energia refletida e/ou emitida, fornecendo a baixo custo e em tempo reduzido, a distribuição espaço temporal das observações (Pinto *et al.*, 2017).

No entanto, existem diversas dificuldades que envolvem o processo de obtenção de informações úteis a partir de imagens de sensoriamento remoto, sendo a heterogeneidade das paisagens ambientais e o sombreamento de regiões montanhosas os principais complicadores desse processo (Souza *et al.*, 2016). Apesar dessas complicações, a habilidade de capturar e registrar informações da superfície terrestre com rapidez e precisão permite a análise e monitoramento das mais variadas situações ambientais. Desta forma, é atribuída à técnica a característica de ferramenta de apoio à tomada de decisão e gestão urbana (Meneses e Almeida, 2012).

8.RESULTADOS E CONCLUSÕES

Algumas técnicas de modelagem e mapeamento de inundações urbanas foram revisadas na literatura, sendo suas principais vantagens e desvantagens de aplicação resumidas na Tabela 1. As técnicas foram ordenadas com base na origem e histórico de aplicação, desde as mais antigas até as mais recentes. Algumas destas técnicas são particularmente mais precisas, eficazes ou adequadas para determinadas situações, principalmente em relação à escala de tempo e espaço.

Tabela 2 – Sumário das técnicas de modelagem e mapeamento de inundações urbanas

Técnica	Vantagens	Desvantagens
Modelagem hidrológica	Facilidade de aplicação; Reduzido tempo de simulação; Baixo custo operacional; Capacidade de previsão de condições diferentes das observadas; Capacidade de reproduzir o passado.	Necessidade de uma grande quantidade de dados; Inexistência de uma relação direta com o grau de impermeabilização; Necessidade de calibração e validação do modelo.
Modelagem hidráulica	O modelo não despreza nenhum termo da equação de quantidade de movimento; Permite a adoção de grandes intervalos de tempo; Maior precisão e melhor representação física do escoamento.	Necessidade de uma grande quantidade de dados de campo.
AHP	Simplicidade, clareza e facilidade de uso; Permite a identificação e ajuste de critérios e alternativas inconsistentes; Entendimento comum do problema; Estrutura hierárquica parecida com a forma de pensamento humano; Capacidade de lidar com variáveis quantitativas e qualitativas; Comparação rápida e objetiva dos resultados.	Necessidade de consenso no processo de priorização dos critérios; Independência ou diferença relevante entre os critérios de cada nível. Risco de decisões subjetivas ou baseadas em opiniões pessoais; Necessidade de procedimento para estruturar o questionário; Elevado número de comparações; Ausência de fundamento de teoria estatística.
SIG	Velocidade e quantidade de informações processadas; Capacidade de manipulação de dados gráficos e não gráficos; Promove de forma consistente a análise e a consulta de informações geográficas.	Necessidade de uma equipe técnica especializada na ferramenta; Necessidade de uma grande quantidade de informações com qualidade.
Sensoriamento remoto	Possibilidade de programação de coleta sistemática de dados; Imageamento do terreno por varredura linear; Capacidade de realizar a varredura de toda a superfície do planeta em um curto espaço de tempo; Capacidade de obter imagens em várias faixas do espectro eletromagnético.	Necessita de imagens com alta resolução temporal e espacial; Necessita calibração antes e após o lançamento do sensor; Radiação emitida por alguns sensores podem afetar o alvo a ser imageado.

Devido à quantidade e variabilidade dos fatores de influência, o mapeamento e modelagem de inundações em regiões urbanas muitas vezes demandam requisitos específicos para uma adequada simulação, sendo estes alcançados apenas com o acoplamento das técnicas. Desta forma, considerando a facilidade de aplicação, eficácia, precisão e velocidade de processamento é indicada a combinação das técnicas de modelagem hidráulica e AHP com os Sistemas de Informações Geográficas. As técnicas de modelagem hidrológica e sensoriamento remoto, apesar de serem consideradas eficazes demandam uma maior quantidade de informações, pois necessitam de calibração e validação dos dados utilizados. No caso da modelagem hidrológica faz-se necessário uma grande quantidade de dados de campo, compondo extensas séries históricas sem falhas, realidade não encontrada no Brasil. Já o sensoriamento remoto requer imagens com alta resolução temporal e espectral, inviabilizando a utilização das imagens disponíveis gratuitamente.

Os autores concluem que o acoplamento das diferentes técnicas de modelagem e mapeamento fornece uma estimativa das áreas suscetíveis à ocorrência de inundações urbanas muito próximas da real. Contudo deve-se continuamente buscar o aperfeiçoamento das simulações por meio da combinação das técnicas e aprimoramento da coleta de dados em campo.

REFERÊNCIAS

- [1] Al-Abadi, A.M.; Shahid, S.; Ghalib, H.B; Handhal, A.M. (2017). A GIS-based integrated fuzzy logic and analytic hierarchy process model for assessing water-harvesting zones in northeastern Maysan Governorate, Iraq. *Arabian Journal for Science and Engineering* 42(6), pp. 2487 2499.
- [2] Araújo Júnior, S.C.R.; Tavares Júnior, S.S. (2017). Uso e cobertura do solo para o planejamento urbano, Boa Vista, Roraima, Brasil. *Boletim Goiano de Geografia* 37(1), pp. 36 55.
- [3] Cabral, S.L.; Sakuragi, J.; Silveira, C.S. (2017). Incertezas e erros na estimativa de vazões usando modelagem hidrológica e precipitação por Radar. *Ambiente & Água* 12(1), pp. 57 70.
- [4] Caetano, J.M.; Casaroli, D. (2016). Tendências dos modelos hidrológicos integrados aos sistemas de informações geográficas a partir da cienciometria. *Comunicata Scientiae* 7(3): 406 414.
- [5] Coutinho, M.M.; Pinto, E.J.A. (2014). Modelagem hidráulica unidimensional das zonas urbanas inundáveis em Colatina/ES. In *Anais do XII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste*, Natal, Nov. 2014, pp. 1-10.
- [6] Dahri, N.; Abida, H. (2017). Monte Carlo simulation-aided analytical hierarchy process (AHP) for flood susceptibility mapping in Gabes Basin (southeastern Tunisia). *Environmental Earth Science* 76, pp. 302 315.
- [7] Florenzano, T.G. (2011). *Iniciação em sensoriamento remoto*. São Paulo: Oficina de Textos, 97 p.
- [8] Hagemeyer-Klose, M.; Wagner, K. (2009). Evaluation of flood hazard maps in print and web mapping services as information tools in flood risk communication. *Natural Hazards and Earth System Sciences*. 563 574.
- [9] Liu, J.; Wang, X.; Zhang, B.; Li, J.; Zhang, J.; Liu, X. (2017). Storm flood risk zoning in the typical regions of Asia using GIS technology. *Natural Hazards* pp. 1 17.
- [10] Machado, A.R.; Mello Junior, A.V.; Wendland, E.C. (2017). Avaliação do modelo J2000/JAMS para modelagem hidrológica em bacias hidrográficas brasileiras. *Engenharia Sanitária e Ambiental* 22(2), pp. 327 340.
- [11] Meneses, P.R.; Almeida, T. (2012) *Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto*. Brasília: UNS/CNPQ, 266 p.
- [12] Mirzazadeh, F.; Hadinejad, F.; Roshan, N.A. (2017). Investigating utility level of waste disposal methods using multicriteria decision-making techniques (case study: Mazandaran-Iran). *Journal of Material Cycles and Waste Management*, pp. 1 11.
- [13] Monte, B.E.O.; Costa, D.D.; Chaves, M.B.; Magalhães, L.O.; Uvo, C.B. (2016). Hydrological and hydraulic modelling applied to the mapping of flood-prone areas. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos* 21(1), pp. 152 167.
- [14] Pinto, D.; Shrestha, S.; Babel, M.S.; Ninsawat, S. (2017). Delineation of groundwater potential zones in the Comoro watershed, Timor Leste using GIS, remote sensing and analytic hierarchy process (AHP) technique. *Applied Water Science* 7(1), pp. 503 519.
- [15] Rahaman, S.A.; Aruchamy, A. (2017). Geoinformatics based landslide vulnerable zonation mapping using analytical hierarchy process (AHP), a study of Kallar river sub watershed, Kallar watershed, Bhavani basin, Tamil Nadu. *Modeling Earth Systems and Environment* 3, pp. 41 54.
- [16] Reis, J.T.; Silva, J.S.; Michel, G.P.; Kobiyama, M. (2014). Mapeamento da vulnerabilidade a desastres hidrológicos nos Municípios de Alto Feliz e São Vendelino/RS como forma de contribuição à engenharia de sedimentos. In *Anais do XI Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos ENES*, João Pessoa, Dez. 2014, pp. 1 17.

- [17] Ribeiro, C.B.M.; Lima, R.N.S. (2011). Modelagem hidrológica e hidráulica para simulação de inundações em uma Bacia Hidrográfica na área urbana do município de Juiz de Fora MG. In Anais do XIX Simpósio de Recursos Hídricos, Maceió, Nov. 2011, pp. 1 17.
- [18] Sousa, L.F.N.M. (2012). Metodologia para o mapeamento de cheias em zonas de risco. Aplicação a um troço de um rio do norte de Portugal. [dissertação]. Portugal: Universidade do Porto, Faculdade de Engenharia.
- [19] Souza, C.G.; Carvalho, L.; Aguiar, P.; Arantes, T.B. (2016). Algoritmos de aprendizagem de máquina e variáveis de sensoriamento remoto para o mapeamento da cafeicultura. Boletim de Ciências Geodésicas 22(4), pp. 751 – 773.
- [20] Yang, J.; Entekhabi, D.; Castelli, F.; Chua, L. (2014). Hydrologic response of tropical watershed to urbanization. Journal of Hydrology 517, pp. 338 546.
- [21] Yannopoulos, S.I.; Grivaki, G.; Giannopoulou, I.; Basbas, S.; Oikonomou, E.K. (2011) Environmental impacts and best management of urban stormwater runoff: measures and legislative framework. In Anais da 12th International Conference on Environmental Science and Technology, Grécia, Set 2011, pp. 2049 2056.

Capítulo 15

Uso de traçadores naturais e fluorescentes para estudos de interconexões hidráulicas na bacia representativa de Juatuba

Vinícius Verna Magalhães Ferreira

Cláudio José Chagas

Zildete Rocha

Rubens Martins Moreira

Raquel Luiza Mageste Fonseca

Maria Angela de Barros Correa Menezes

Elenísio Santana Fonseca

Nayron Cosme de Lemos

Talita de Oliveira Santos

Resumo: Ao longo dos anos, traçadores tem sido utilizados em inúmeros estudos, em diversos países, auxiliando os pesquisadores a encontrar soluções referentes a diferentes problemas. Artigos recentes apresentam estudos que envolvem traçadores na Medicina, Farmácia, Hidrologia, Sedimentologia e Agricultura, entre outros. Este trabalho apresenta alguns resultados de um estudo feito na Bacia de Juatuba, onde traçadores naturais (radônio-222) e fluorescentes (fluoresceína) foram usados visando encontrar seções de conexão entre as águas superficiais e subterrâneas. Foram encontrados alguns pontos ao longo do córrego em estudo onde as altas concentrações de radônio na água, somadas ao aumento das vazões ao longo do curso hídrico, indicam a presença de seções de descarga.

Palavras-Chave: hidrologia, traçadores, radônio

1. INTRODUÇÃO

Através da história, o uso de traçadores como ferramentas que visam investigar, inúmeros processos têm sido documentados na agricultura, medicina, farmácia, hidrologia, sedimentologia e em diversas outras linhas de pesquisas científicas. Trabalhos recentes utilizaram diferentes traçadores para visualizar a presença de tumores visando diagnósticos e tratamentos médicos (Evangelista et al, 2016), para a modelagem de fenômenos de transporte (Queloz et al, 2015) e para estudos objetivando investigar a presença de interconexões hídricas (Blumstock et al, 2015), entre outros.

Cabe ressaltar que de acordo com Plata (1972) “um traçador consiste em qualquer produto que, incorporado na massa de uma substância, permite investigar seu comportamento em determinado processo físico ou químico”. Neste contexto, diversos traçadores podem ser utilizados para estudos aplicados, incluindo-se neste rol compostos químicos como o cloreto de sódio, fluorescentes como a rodamina, biológicos e até mesmo radioativos como o tecnécio-99.

No que se refere aos traçadores naturais utilizados em hidrologia, os estudos com o radônio merecem destaque. O radônio possui dois isótopos aplicáveis ao estudo de águas subterrâneas: o ^{222}Rn (meia vida de 3,8 dias) produto do decaimento alfa do ^{226}Ra na série do ^{238}U , e o ^{220}Rn (meia vida de 56 segundos) produto do decaimento alfa do ^{224}Ra na série do ^{232}Th . O ^{222}Rn apresenta maior tempo de meia vida e, por isso, é o isótopo amplamente utilizado como traçador de águas subterrâneas e superficiais nos córregos e rios, no litoral e na superfície dos reservatórios (Schubert & Paschke, 2015). Pelo fato do radônio ser quimicamente inerte, reações biogeoquímicas podem ser desconsideradas, o que facilita a sua medição. Além disso, o radônio é enriquecido em águas subterrâneas quando comparado a águas de superfície (Burnett et al, 2008). Esta característica decorre do fato da água subterrânea estar em contato com grãos minerais que contêm rádio e da água de superfície estar sujeita à turbulência promovida por fatores ambientais, o que permite a fuga de radônio.

O objetivo deste trabalho é apresentar alguns resultados finais do projeto de pesquisa intitulado “Aplicação da técnica de traçadores para estudos da inter-relação entre as águas subterrâneas e superficiais na bacia de Juatuba”. Este projeto foi financiado pela FAPEMIG – Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais, e executado por técnicos do Serviço de Meio Ambiente do CDTN – Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear.

2. ÁREA DE ESTUDO

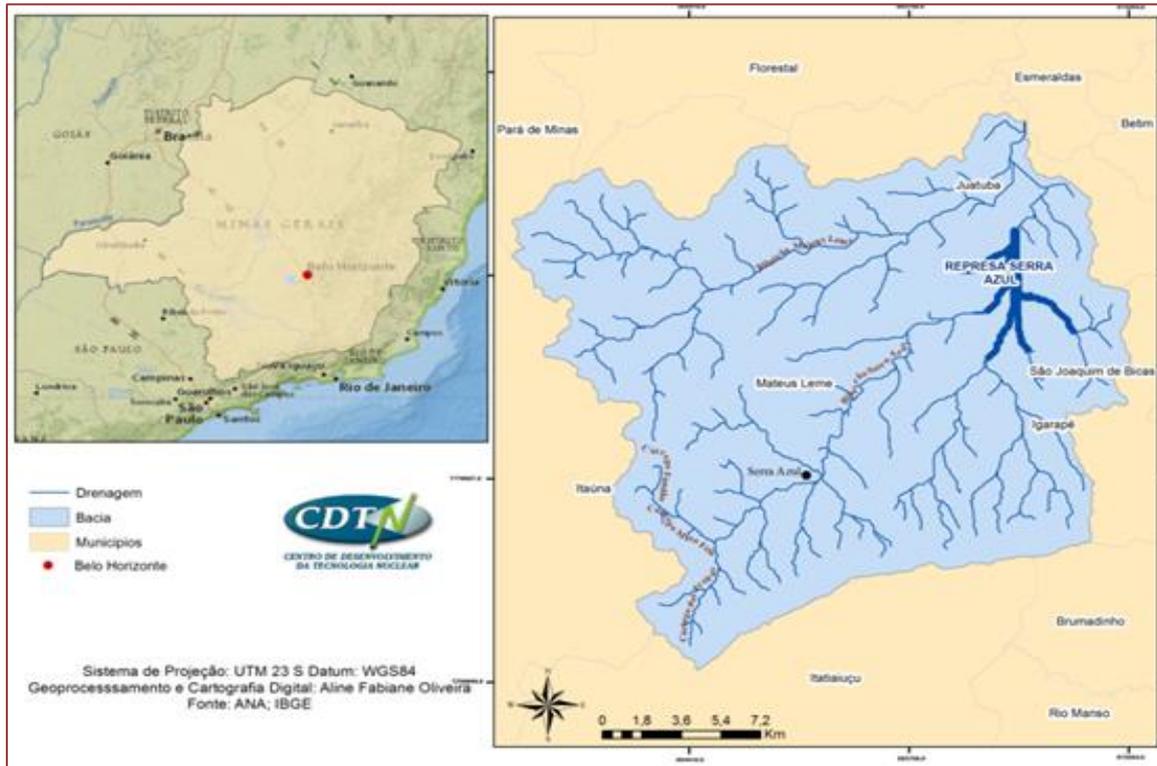
A bacia de Juatuba está inserida no Alto Rio São Francisco. O Rio Juatuba é afluente da margem esquerda do Rio Paraopeba, tributário do Rio São Francisco, e percorre 3 km desde o encontro de seus principais afluentes até o ponto em que deságua no Paraopeba. Esta bacia hidrográfica abrange 442 km² e se localiza a cerca de 60 km de Belo Horizonte, abrangendo os municípios de Mateus Leme, Igarapé e Itaúna. Os principais cursos hídricos que formam o Rio Juatuba são os Ribeirões Serra Azul e Mateus Leme, que possuem uma área de drenagem de 265 e 155 km² respectivamente (Chagas, 2017). A Figura 1 apresenta a localização da Bacia de Juatuba.

3. METODOLOGIA

Em duas seções em estudo no Córrego da Matinha (estudadas também em etapas anteriores do projeto) foi realizada em maio de 2016, uma campanha para coleta de água com espaçamento de cerca de 5 metros entre os pontos de amostragem.

Amostras de água do córrego foram coletadas com o auxílio de uma bomba peristáltica alimentada por uma bateria 12 volts, bem próximas ao talvegue do mesmo, até que frascos de vidro âmbar com capacidade de 275 mL fossem preenchidos. Após sua devida identificação, as amostras de água foram analisadas pelo equipamento RAD 7 (Figura 2), que efetuou medidas da concentração da atividade de radônio nessas amostras.

Figura 1 – Localização da Bacia Representativa de Juatuba.



O RAD7 apresenta duas formas de medir radônio em águas: modo GRAB para medidas pontuais e modo SCAN (varredura), no qual são feitas medidas contínuas. De acordo com o cenário estudado foi utilizado o modo GRAB, para que as seções de descarga ao longo do córrego pudessem ser encontradas.

Durante o funcionamento do RAD7 no modo GRAB, a amostra é degasada sob condições controladas para que se possa registrar o decaimento alfa do ^{222}Rn para o ^{218}Po e fornecer uma média da atividade do ^{222}Rn nessa amostra.

Todas as leituras da concentração da atividade tiveram os seus valores corrigidos em função da meia vida do ^{222}Rn , que é de 3,82 dias, e do tempo decorrido entre a coleta e a leitura da amostra, conforme as equações abaixo:

$$A(t) = A_0 * e^{-\lambda t} \quad (1)$$

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}} \quad (2)$$

onde: $A(t)$ é a atividade de ^{222}Rn medida no tempo t , ou seja, no momento da leitura;

A_0 é a atividade inicial de ^{222}Rn no momento da coleta;

λ é a constante de decaimento do ^{222}Rn ;

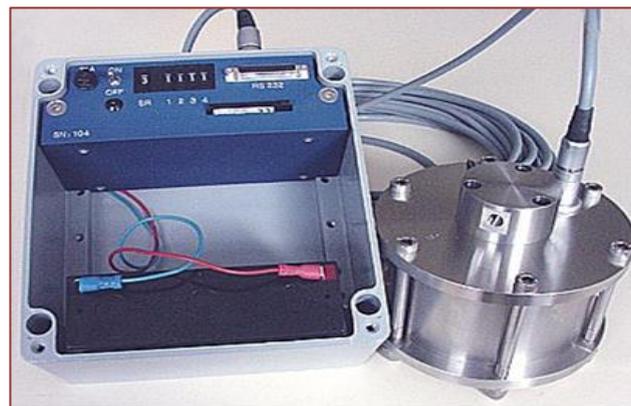
$T_{1/2}$ é a meia vida do ^{222}Rn .

Figura 2 – Equipamento RAD7



Nos trechos onde foram realizadas as medições de radônio, também se mediu a vazão do curso de água. As variações esperadas de vazão nos trechos em estudo devem corresponder à descarga no local. Desta forma, é possível verificar a existência de correlação entre a descarga (por meio das medidas de radônio) e a vazão. As medidas de vazão foram feitas com o uso de traçadores fluorescentes e de um fluorímetro modelo GGUN FL 30 (Figura 3). Traçadores fluorescentes como rodamina e fluoresceína são adequados a estudos hidrossedimentológicos pelo fato destes não serem adsorvidos pelos sedimentos em suspensão, pelo material sólido e pela vegetação presente no leito dos cursos de água ou nas suas margens, sendo suas aplicações registradas inclusive em espeleologia (Goldscheider et al, 2008).

Figura 3 – Fluorímetro GGUN FL30



A injeção de traçadores fluorescentes possibilita, além da obtenção da curva de passagem que fornece informações sobre a dispersão e a advecção da pluma formada, o cálculo da vazão líquida (Equação 3):

$$Q = \frac{M}{\int c dt} \quad (3)$$

Sendo que a vazão líquida ($m^3.s^{-1}$), M a massa de traçador injetada, C a concentração do traçador na água e t o tempo de passagem da nuvem com o traçador. A expressão no denominador da Equação 3 representa a área da curva de passagem sem normalização (Bandeira, 2004).

As Figuras 4 a 6 apresentam alguns dos trabalhos de campo feitos durante o projeto.

Figura 4 – Coleta de água para medidas de radônio



Figura 5 – Injeção de traçador fluorescente



Figura 6 – Visualização em tempo real da passagem do traçador



4.RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta os resultados das medidas de radônio. Verifica-se que as concentrações de ^{222}Rn variaram entre 0,14 e 25,38 kBq.m⁻³.

Tabela 1 – Medidas de radônio – campanha em maio de 2016

Distância da nascente (m)	Concentração da atividade de radônio medida e desvio padrão Bq.m ⁻³	Data e hora da coleta	Data e hora da leitura	Concentração da atividade de radônio corrigida e desvio padrão Bq.m ⁻³
265	0,11 ± 0,13	17/5/16 10:10	18/5/16 17:23	0,14 ± 0,17
1111	2,11 ± 0,71	16/5/16 17:30	18/5/16 14:43	2,96 ± 1,00
1125	1,43 ± 0,45	16/5/16 17:20	18/5/16 13:44	2,00 ± 0,63
1140	2,08 ± 0,58	16/5/16 17:05	18/5/16 12:25	2,88 ± 0,81
1155	18,4 ± 2,57	16/5/16 16:55	18/5/16 11:48	25,38 ± 3,54
1170	17,2 ± 1,35	16/5/16 16:43	18/5/16 11:03	23,63 ± 1,85
1185	15,3 ± 0,77	16/5/16 16:25	17/5/16 12:28	17,78 ± 0,90
1200	20,1 ± 1,38	16/5/16 16:15	17/5/16 11:46	23,27 ± 1,60
1218	21,8 ± 1,99	16/5/16 16:00	17/5/16 11:05	25,15 ± 2,30
1232	16,3 ± 0,77	16/5/16 15:50	17/5/16 10:27	18,74 ± 0,88
1246	16,8 ± 0,38	16/5/16 15:40	17/5/16 9:20	19,18 ± 0,43
1261	12,2 ± 0,99	16/5/16 15:25	17/5/16 8:39	13,88 ± 1,13
1276	4,92 ± 0,73	16/5/16 15:05	16/5/16 17:22	5,00 ± 0,75
1292	23,9 ± 2,29	16/5/16 14:55	16/5/16 16:43	24,22 ± 2,32
1305	22,3 ± 0,65	16/5/16 14:40	16/5/16 15:46	22,48 ± 0,65
1585	3,68 ± 1,22	17/5/16 11:00	18/5/16 17:23	4,62 ± 1,53

As leituras de vazão efetuadas ao longo do córrego mostraram um incremento nos valores encontrados. O traçador usado durante os experimentos foi a fluoresceína sódica (traçador fluorescente). A Tabela 2 apresenta os resultados obtidos. Observa-se que as incertezas nos valores das vazões foram todas da ordem de 5%.

Tabela 2 – Medidas de vazões – campanha de maio/2016

Ponto	Vazão medida m ³ /seg	Data da leitura	Massa de traçador injetada (mg)	Distância do ponto à nascente (m)
1	1,83	24/05/16	100	400
2	2,59	10/05/16	50	700
3	3,06	10/05/16	100	1600
4	4,76	24/05/16	100	2150

Os pontos nos quais foram identificados os picos na concentração da atividade de radônio (Tabela 1) representam as seções onde ocorre a interconexão entre as águas de superfície e subterrâneas, e onde conseqüentemente há a descarga no Córrego da Matinha (Ferreira et al, 2016). Observa-se também que mesmo com a prolongada ausência de chuvas na área de estudo na época da realização deste projeto, não houve uma redução significativa do nível de água nos trechos em estudo do Córrego da Matinha, o que pode ser explicado pelas descargas existentes no local.

5. CONCLUSÕES

A utilização de traçadores naturais e fluorescentes para estudos de interconexões hidráulicas nas águas da bacia de Juatuba mostrou ser uma metodologia eficiente para identificação de seções de descarga. Considerando-se que a presença de radônio é um parâmetro que permite identificar a interação entre as águas subterrâneas e superficiais, os pontos com os maiores valores de concentração de atividade de radônio ratificam a presença da descarga subterrânea nas águas em estudo.

Em períodos de pós-moção e de baixa pluviosidade os isótopos de ^{222}Rn são traçadores eficientes para identificação das seções ou trechos de exfiltração da água subterrânea. O conhecimento da localização dessas seções contribui para a execução de um plano de recuperação do corpo hídrico em caso de contaminação, sendo assim um fator de contribuição para o aumento da capacidade de resiliência desse corpo hídrico.

Ressalta-se aqui que os equipamentos RAD 7 e GGUN FL-30 mostraram-se adequados ao desenvolvimento das atividades deste projeto.

AGRADECIMENTOS

Os autores expressam seus agradecimentos a FAPEMIG, ao Departamento de Engenharia Nuclear da UFMG e ao CDTN.

REFERÊNCIAS

- [1] Bandeira, J.V. (2004) Desenvolvimento de técnicas nucleares e correlatas para estudos em Hidrologia Urbana Aplicações na Bacia Hidrográfica da Pampulha e no Rio das Velhas, MG. Belo Horizonte. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos). Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, 276 p.
- [2] Blumstock, M.; Tetzlaff, D.; Malcolm, I.A.; Nuetzmann, G.; Soulsby, C. (2015) Baseflow dynamics: multi-tracer surveys to assess variable groundwater contributions to montane streams under low flows. *Journal of Hydrology*, Vol 527, pp. 1021-1033. doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.05.019
- [3] Burnett, W.C.; Peterson, R.; Moore, W.S.; Oliveira, J. (2008). Radon and radium isotopes as tracer of submarine groundwater discharge – Results from the Ubatuba, Brazil. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, Vol. 76 (3), pp 501-511.
- [4] Chagas, C.J. (2017) O uso do radônio como traçador para identificação de descarga de aquíferos ao longo do córrego da Matinha, MG. Belo Horizonte. Dissertação (Mestrado em Ciências e Técnicas Nucleares). Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, 153 p.
- [5] Evangelista, L.; Briganti, A.; Fanti, S.; Joniau, S.; Reske, S.; Schiavina, R.; Stief, C.; Thalmann, G.N.; Picchio, M. (2016). New Clinical Indications for $^{18}\text{F}/^{11}\text{C}$ -choline, New Tracers for Positron Emission Tomography and a Promising Hybrid Device for Prostate Cancer Staging: A Systematic Review of the Literature. *European Urology*, Vol 70(1), pp 161-175. doi.org/10.1016/j.eururo.2016.01.029
- [6] Ferreira, V.V.M.; Chagas, C.J.; Rocha, Z.; Moreira, R.M.; Santos, T.O.; Fonseca, R.L.M.; Lemos, N.C.; Fonseca, E.S.; Ferraz, T.; Menezes, M.A.B.C. (2016) Uso de traçadores naturais e fluorescentes para identificação de seções de descarga na bacia de Juatuba. *Águas Subterrâneas*, 30 (1), pp 79-98. http://dx.doi.org/10.14295/ras.v30i1.28516
- [7] Goldscheider N.; Meiman, J.; Pronk, M.; Smart C. (2008). Tracer tests in karst hydrogeology and speleology. *International Journal of Speleology*, 37 (1), pp 27-40.
- [8] Plata, A.B. (1972) Isotopes in Hydrology. Editorial. Alhambra S.A, 328 p.
- [9] Queloz, P.; Carraro, L.; Benettin, P.; Botter, G.; Rinaldo, A.; Bertuzzo, E. (2015) Transport of fluorobenzoate tracers in a vegetated hydrologic control volume: 2. Theoretical inferences and modeling. *Water Resources Research*, Vol 51 (4), pp 2793-2806.

Capítulo 16

A análise pluviométrica na gestão dos recursos hídricos: Exame de dados de 2015 de uma estação pluviométrica da Amazônia Central

Dênis Agüero do Nascimento

Mateus Ferreira de Oliveira

Solange Batista Damasceno

Joecila Santos Silva

Resumo: Este trabalho enfatiza a importância da observação pluviométrica para a gestão dos recursos hídricos em consonância com a gestão ambiental. Apresenta resultados de variáveis de pluviosidade do ano de 2015 de uma estação pluviométrica na microbacia experimental do Igarapé Asú, na Amazônia central, objeto de pesquisas hidrométricas do Programa LBA & INPA. Os dados foram correlacionados com os normais pluviométricos do INMET (1981-2010). Os resultados das análises apontam que houve pelo menos uma chuva em 70% dos dias do ano, também assinalam que as chuvas que mais contribuíram para a altura pluviométrica anual duraram entre 30 e 60 minutos e que 75% da pluviometria anual ocorreu entre janeiro e junho, evidenciando a distinção pluviométrica entre o 1º e o 2º semestre do ano. A variabilidade da distribuição mensal das chuvas foi acima das médias históricas, fato não ocorrido para o acumulado anual. A ocorrência do fenômeno El Niño em meados do mês de novembro mitigou o aumento da altura pluviométrica cerca de 80% abaixo da média histórica.

Palavras-Chave: Pluviometria 2015; Amazônia Central; Gestão dos Recursos Hídricos.

1. INTRODUÇÃO

Considerando que os recursos naturais são finitos, a razão da Gestão Ambiental (GA) pode ser resumida na iniciativa de obtenção de maiores benefícios desses recursos por meio da aplicação dos menores esforços, preservando-os e protegendo-os. Nesse escopo, em meados da década de 70 a Gestão Ambiental começa a ser cotada em eventos e tratados internacionais como ferramenta necessária para a preservação do meio ambiente e a conservação dos recursos naturais. Entre eles, os recursos hídricos.

Dada a sua importância para a manutenção e desenvolvimento de todas as formas de vida, os recursos hídricos não podem se desassociar da conservação ambiental, já que na essência, envolve a sustentabilidade do homem ao meio natural.

São considerados recursos hídricos as águas que estejam sujeitas a intervenção do homem em qualquer de suas variáveis ou estado, seja na superfície terrestre, no solo, no subterrâneo ou na atmosfera.

A Lei nº 9.433, de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), constitui-se num marco de significativa importância para Gestão das águas no Brasil. Seu principal objetivo é estabelecer instrumentos de monitoramento e gestão quantitativa e qualitativa desses recursos, promovendo seu uso responsável.

As variáveis comportamentais dos recursos hídricos integram-se em um ciclo dinâmico que pode ser medido através da análise do balanço hídrico: precipitação, infiltração, deflúvio, evaporação e transpiração. Para a Gestão dos Recursos Hídricos, o conhecimento dos diversos componentes de balanço hídrico (BH) é fundamental, principalmente quando aplicada aos interesses das diversas atividades econômicas atuantes dentro da bacia hidrográfica, dos quais tem em seus fatores de produção a dependência desses recursos.

Embora a estimativa do BH possa ser simples, apresenta diversas dificuldades decorrentes da obtenção de seus parâmetros, pois requer sistemática verificação dos seus componentes: chuva, deflúvio, armazenamento subterrâneo, armazenamento continental e evapotranspiração. Os resultados destes componentes estão sujeitos à variabilidade espacial e temporal, principalmente a precipitação, fonte primária de irrigação dos ambientes terrestres, que é relativa ao acaso de sua distribuição espacial, Trovati e Antonio (1996).

Os estudos de precipitação são muito importantes na GA e na GRH dada sua frequência, intensidade e variabilidade territorial. Esses padrões e regimes da precipitação determinam o clima, a produtividade e até mesmo o desenvolvimento de uma região assegurada aos setores econômicos da agricultura, indústria, turismo, comércio, energia e transportes.

Nesse contexto, este artigo tem como objetivo discutir a importância das observações pluviométrica em bacias hidrográficas para a gestão dos recursos hídricos em consonância com a gestão ambiental. Traz a análise subhorária básica de dados coletados em uma estação pluviométrica de um sítio experimental na Amazônia Central.

2. POLITICAS DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS HIDRICOS NO BRASIL

É fato que as consequências advindas da má intervenção humana sobre os recursos naturais se estendem além da geografia política. Há uma convergência entre a maioria dos países nesse sentido. A Agenda 21, produto da Conferência da Organização das Nações Unidas (ONU) sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada no Rio de Janeiro em junho de 1992, é um exemplo de tratado internacional que reconhece o problema mundial do uso indiscriminado dos recursos naturais.

A Agenda 21 contém várias recomendações aos governos e organismos financeiros internacionais abordando políticas econômicas que visam a sustentabilidade como modelo de gestão nos processos de produção, tendo a valoração da saúde, a contabilização de custos ambientais e a conservação dos recursos naturais como elementos-chaves de decisão administrativa. Isso, reduzindo a poluição e despejo de resíduos, além da eliminação de resíduos perigosos à degradação ambiental.

A Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), instituída pela Lei 6.938, de 1981, tem como objetivo a preservação, a melhoria e a recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando também desenvolver condições para a dignidade da vida humana. A PNMA foi responsável pela inclusão do componente ambiental na gestão das políticas públicas e decisiva inspiradora do Capítulo do Meio Ambiente na Constituição de 1988. Estabeleceu em 1990 o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), e o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Transformou a visão sobre a temática

ambiental nos empreendimentos brasileiros, orquestrando um processo fundamental para a evolução do País rumo ao desenvolvimento sustentável.

A água é um recurso natural de grande importância econômica e ambiental, além de um meio estratégico de suma importância ao crescimento social dos países. A água faz parte integral dos ecossistemas por ser conexa com o solo, o ar, a flora e a fauna. No entanto, sua utilização em diversos processos sintéticos da produção industrial acaba por alterar a sua qualidade, descartando-a no meio ambiente como resíduo.

Apesar de ser renovável e de existir em abundância na terra, a crescente procura deste recurso, concomitante à sua má utilização, promove sua indisponibilidade na condição potável. Fator que tem gerado problemas de escassez em muitas regiões e países, WHO (2010).

Setti *et al.* (2000), estimam o volume total de água na Terra em 1.386 milhões de km³. Sendo 97,5% disso de água salgada nos oceanos, 2,23% de água doce congelada ou confinada no subterrâneo e 0,27% de água doce em rios e lagos para uso humano e dos ecossistemas.

Do total de água doce em rios e lagos, 73% está na bacia Amazônica onde vivem menos de 5% da população mundial. Os outros 27% dessa água está distribuído irregularmente para 95% da população mundial gerando um enorme contraste com outras regiões do mundo. No mediterrâneo a água é tratada como um bem de consumo precioso, diante da sua cada vez menor disponibilidade imediata. Segundo Blinda (2008), cerca de 20 milhões de pessoas não tem acesso à água potável nessa região.

O agronegócio é responsável por cerca de 70% do consumo global de água, a indústria 22% e as cidades por 8%. A produção agrícola é uma atividade de alto consumo, tanto na produção quanto no beneficiamento de grãos, consome a maior parte de toda a água extraída dos rios, lagos e aquíferos subterrâneos (Setti *et al.* 2000).

Segundo Silva (2002) e Tundisi (2003) a perda de qualidade e disponibilidade de água tem efeitos diretos na humanidade, tais como: a) recreação; b) turismo; c) transporte e navegação; d) reserva de água doce (em bacias hidrográficas e em geleiras); e) controle de enchentes; f) deposição de nutrientes nas várzeas; g) purificação natural de detritos; h) habitat para diversidade biológica; i) moderação do clima; j) balanço de nutrientes e efeitos tampão em rios; k) geração de energia elétrica; l) irrigação; m) aquicultura; n) abastecimento doméstico e industrial.

Observando a grande demanda e as consequências advindas do mau uso dos recursos hídricos, Tundisi (2003) sugere que a gestão das águas deva ser aperfeiçoada pelas entidades jurídico / sociais, com o uso de suas atribuições legais, incluindo instrumentos legislativos e sistemas de taxaço, além de incentivos que promovam a proteção, recuperação e conservação das águas superficiais e subterrâneas.

A Agência Nacional de Águas (ANA), institucionalizada pela Lei 9.984/2000, é a entidade federal responsável pelo monitoramento, registro de informações hídricas, bem como, a implementação da PNRH no Brasil. Para isso criou o Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH), sendo este um canal de registro, coleta, edição, armazenamento e recuperação de dados hidrológicos, bem como, fatores intervenientes para sua gestão (ANA, 2017). O banco de dados do SNIRH é alimentado principalmente por estações pluviométricas e fluviométricas operadas pela ANA e por instituições parceiras.

A ANA, por meio da PNRH, adotou o conceito de bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gerenciamento de recursos hídricos, conforme constituído na Lei 9.433/97 (Lei das Águas) e regulado pelo Decreto 2.612/98. A execução desse mandato legal se dá pelos Comitês de Bacias Hidrográficas, que deve ser formado por membros dos diversos setores da sociedade.

O fundamento legal desse formato de gestão parte do princípio de que os recursos hídricos são um bem da humanidade, portanto, seu uso deve ser democrático e sua gestão coparticipativa. O objetivo é conciliar empenho das partes interessadas: indústria, agronegócio, autarquias públicas, entre outros. Assim como controlar conflitos e repartir responsabilidades, Silva (2002).

3. PLUVIOMETRIA

Define-se como precipitação pluviométrica toda água proveniente da atmosfera, seja ela líquida ou sólida, e que atinge a superfície terrestre, WMO (2010).

A constituição da precipitação no seu formato mais comum, a líquida, consiste na aglutinação (coalescência) de moléculas de água que sobem à atmosfera através de massas de baixa pressão e passam

do formato rarefeito para o líquido em núcleos de condensação (partículas higroscópicas suspensas no ar), gerando gotículas que formam nuvens com presença significativa de umidade. Na medida em que recebe vapor as gotículas aumentam em volume e quantidade até terem massa suficiente para que a força da gravidade supere a turbulência normal ou movimentos ascendentes do meio atmosférico e as precipitem em formato de gotas que podem variar entre 2 mm e 2 cm de tamanho, Silveira (2001).

Como parte da meteorologia, a pluviometria representa a quantidade de água precipitada em uma região de estudo ou observação. A escala de projeção dos registros é a altura em mm/m², sendo que um litro de água equivale a 1 mm de altura.

A precipitação em forma de chuva é normalmente coletada e registrada com instrumentos pluviométricos manuais ou automáticos. Ambos são coletores de dados pontuais, medem a precipitação que ocorre exatamente no local do equipamento, WMO (2010).

A pluviosidade é resultante da variável pluviométrica, onde é possível estudar tanto a intensidade como a frequência das chuvas no espaço temporal. A intensidade pode ser analisada por eventos, estações, temporadas anuais e mesmo décadas. Pode ser apresentada em mm/h ou mm/min quando se tratar de evento pluviométrico (chuva em escala subhoraria). Para período de estações, mm/dias; para período de anos, mm/mês; para período de décadas, mm/ano, WMO (2010).

A precipitação atmosférica é uma das variáveis meteorológicas mais importantes para os estudos meteorológicos e climáticos. É determinante na caracterização e potencial hídrico de uma região ou uma bacia hidrográfica.

Segundo Bertoni & Tucci (2001), o objetivo de um posto de medição de chuvas é a obtenção de uma série ininterrupta de precipitações ao longo dos anos ou o estudo da variação das intensidades de chuva ao longo das tormentas. As principais variáveis de uma chuva são a pluviometria (quantidade), e a pluviosidade (intensidade), estas, influenciam substancialmente o cenário terrestre.

Os índices pluviométricos, bem como suas variáveis, mudam de acordo com temporadas e regiões ou lugares, devido a isso, o conhecimento preciso destas características principais é essencial para o planejamento e a avaliação eficaz dos fenômenos provocados pelas chuvas. Daí a importância de se monitorar tais eventos de forma pontual e minuciosa.

Tais informações formam elementos importantes no interesse de projetos de planejamento e da Gestão Ambiental, assim como para o aproveitamento dos recursos hídricos em áreas urbanas, cultivo agrícola e outras atividades econômicas.

No Brasil, a ANA gerencia dados de pelo menos de 2.767 pontos de monitoramento pluvial. Os dados dessas estações geram subsídios informativos aplicados na PNRH, além de permitir o acompanhamento e a ocorrência de eventos hidrológicos.

A distribuição das estações pluviométricas oficiais é relativa a fatores de densidade demográfica e logística. Tal fato acarreta na desigualdade demográfica das estações pluviométricas, conforme se constata no mapa da Figura 1

Essa realidade implica em desafios para se alcançar excelência no monitoramento das chuvas, principalmente na região norte do Brasil que é distinta por suas extensas florestas e a grande disponibilidade hídrica da Bacia Amazônica, ISHIHARA *et al.*, (2014).

Figura 1: Distribuição das estações pluviométricas oficiais por e as regiões hidrográficas brasileiras



Fonte: ANA (2018) - SNIRH / Divisões Hidrográficas do Brasil

Nesse contexto, aumenta também a necessidade de melhoramento da eficiência das redes pluviométricas, impondo-lhes uma condição cada vez mais importante na geração de dados pluviométricos de boa qualidade e quantidade adequada às análises diversas, enfatizando os objetivos do presente trabalho.

4. MATERIAL E MÉTODO

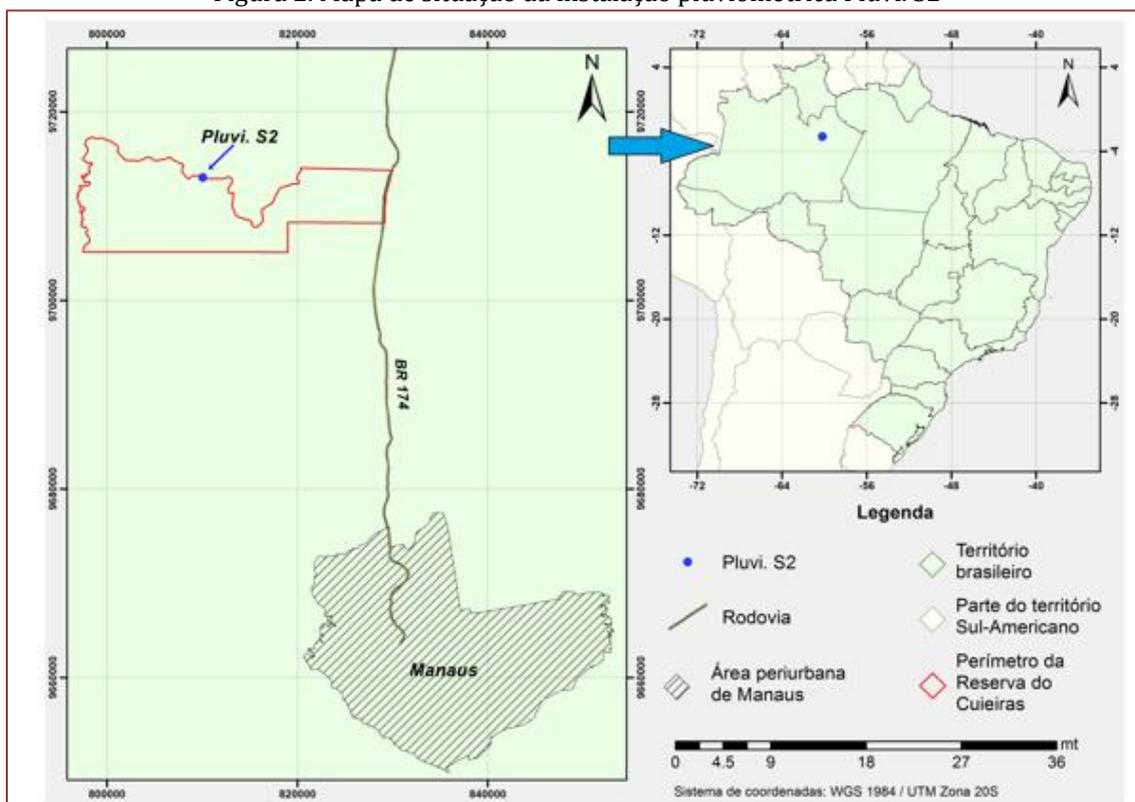
A instalação pluviométrica geradora dos dados estudados neste trabalho é identificada como Pluvi. S2, está situada em uma clareira de aproximadamente 2,4 ha à cerca de 60 km ao noroeste da cidade de Manaus sob as coordenadas Latitude $-02^{\circ} 35' 19,1''$ e Longitude $-60^{\circ} 13' 17,6''$.

A área da instalação é cercada por floresta preservada e faz parte da rede pluviométrica da bacia experimental do Igarapé Asú, sitio de estudos hidrológicos do Programa LBA² dentro da Reserva do Cuieiras, conforme apresentado na Figura 2.

O clima da região é caracterizado como equatorial quente e úmido, conforme classificação de Köppen. A precipitação média histórica é de 2.301,02 mm, INMET (2019). Tem um regime pluviométrico bem definido com o período estio entre julho a meados de novembro, e a estação chuvosa entre dezembro e junho, com maior pluviometria entre março e maio.

² Programa de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera da Amazônia. MCTI/INPA.

Figura 2. Mapa de situação da instalação pluviométrica Pluvi. S2



O instrumento utilizado para medição da precipitação deste estudo foi um pluviógrafo *Onset*, modelo RG3-M, na altura de 1,65 m, com mecanismo bascular conectado em um *datalogger Onset*, modelo UA-003-64, configurado para registro de evento.

Os dados foram filtrados em acúmulos de $tips^3/min$, permitindo análises sub-horárias definidas pelo critério do Mínimo Intervalo de Tempo (MIT) de 10 minutos. Foram produzidos hietograma diários e mensais, além do acumulado anual.

Analisou-se a correlação dos dados do Pluvi. S2 com os Normais Pluviométricos (NP) do INMET, baseados em dados históricos coletados na cidade de Manaus entre os anos de 1981 e 2010.

5. ANÁLISE E DISCUSSÃO

A precipitação total registrada pelo pluviógrafo S2 em 2015 foi de 2.330,8 mm. Na filtragem dos dados que se seguem, foram subtraídos 53,2 mm, ou 2,28% da precipitação total registrada, sendo estes registros *tips* isolados em intervalos menores de 10 minutos, sua subtração se dá pelo fato de serem de baixa representatividade na série pluviométrica anual.

Ocorreram 219 eventos pluviométricos acima de 2 mm durante o ano, gerando o acúmulo de 2.277,6 mm. A duração média das chuvas foi de 1 hora e 32 minutos. A Tabela 1 expõem a frequência das chuvas de acordo com o tempo de duração e quanto a frequência representa no volume acumulado anual,

Embora as chuvas com duração abaixo de 30 minutos tenham representado 37,44 % do total de eventos pluviométricos do ano, contribuíram apenas com 14 % da altura total precipitada. Quando a observação é prolongada para chuvas de até 1 hora a representação pluviométrica aumenta para 29,7%, maior percentual entre os extratos, indicando que as chuvas mais volumosas duraram menos de uma hora, com especial incremento das chuvas que duraram mais de 30 minutos.

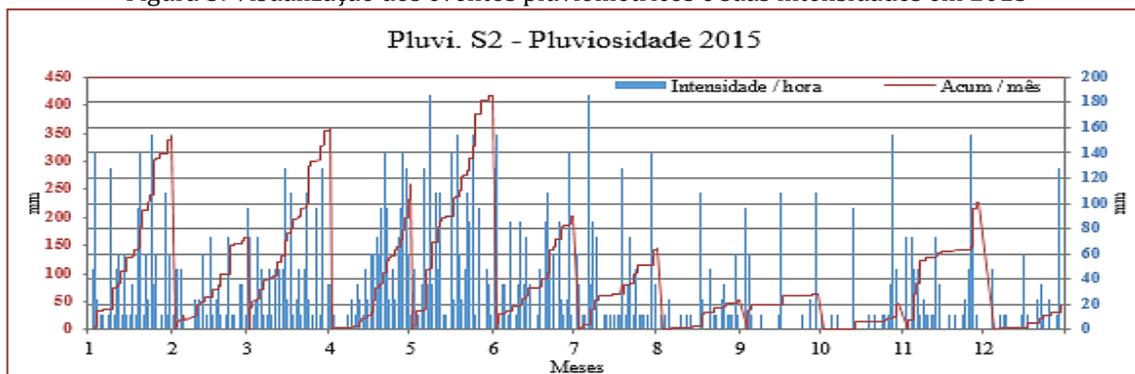
³ Registro de movimento da báscula.

Tabela 3: Extrato do tempo de duração das chuvas e a altura precipitada no acumulado anual

Duração	Eventos pluviométricos			Pluviometria			
	Acum. n° de chuvas ano	Chuvas no extrato	Chuvas no extrato (%)	Acum. n° de chuvas ano (%)	Precip. no extrato (mm)	Precip. acum. ano (mm)	Precip. acum. ano (%)
< 30 min	82	82	37,44	37,44	320,0	320,0	14,0
< 1 h	118	36	16,44	53,88	355,8	675,8	29,7
< 2 h	162	44	20,09	73,97	430,8	1.106,6	48,6
< 3 h	187	25	11,42	85,39	263,5	1.370,1	60,2
< 4 h	195	8	3,65	89,04	122,2	1.492,3	65,5
< 5 h	206	11	5,02	94,06	291,4	1.783,7	78,3
< 6 h	209	3	1,37	95,43	77,8	1.861,5	81,7
< 7 h	215	6	2,74	98,17	188,9	2.050,4	90,0
< 8 h	218	3	1,37	99,54	148,6	2.199,0	96,5
< 13 h	219	1	0,46	100,00	78,6	2.277,6	100,0

O tempo total das chuvas foi de 98,5 horas, 63,3% desse tempo, equivalente a 3.775 minutos, estiveram na intensidade de 11,89 mm/h. A maior intensidade foi de 186,49 mm/h, registrada 4 vezes de 1 minuto durante o ano, sendo 3 minutos seguidos em uma única chuva na data de 6 de julho. A visualização dos eventos pluviométricos e suas intensidades podem ser observadas na Figura 3.

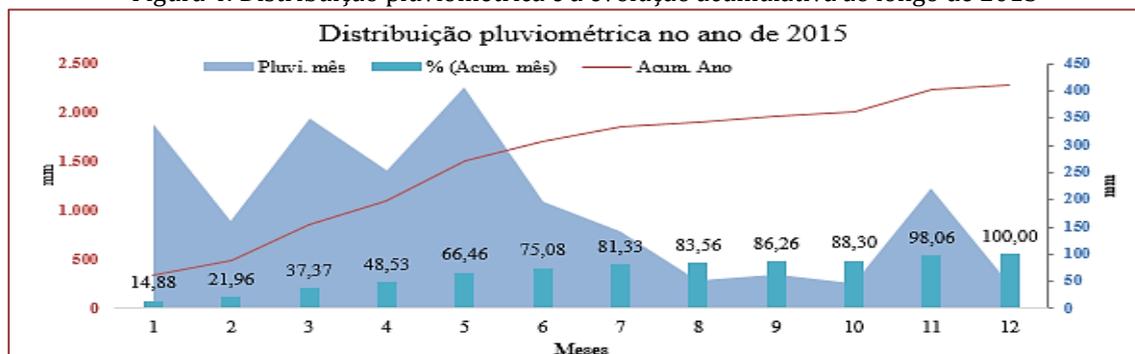
Figura 3: Visualização dos eventos pluviométricos e suas intensidades em 2015



A altura média diária foi de 6,24 mm. A altura média dos dias em que houveram chuva é 8,7 mm. Não foram registradas chuvas em pelo menos 103 dias do ano, sendo 95 dias entre junho e dezembro. A chuva de maior volume precipitado ocorreu em 06/05, sua altura foi de 78,06 mm distribuídos variavelmente em mais de 12 horas de pluviometria.

A média mensal de altura precipitada ficou em 189,8 mm, o mês de maior registro pluviométrico foi maio, 408,45 mm, o mês de menor registro foi dezembro, 44,2 mm. Na Figura 4 pode-se observar a distribuição pluviométrica durante os meses de 2015.

Figura 4: Distribuição pluviométrica e a evolução acumulativa ao longo de 2015

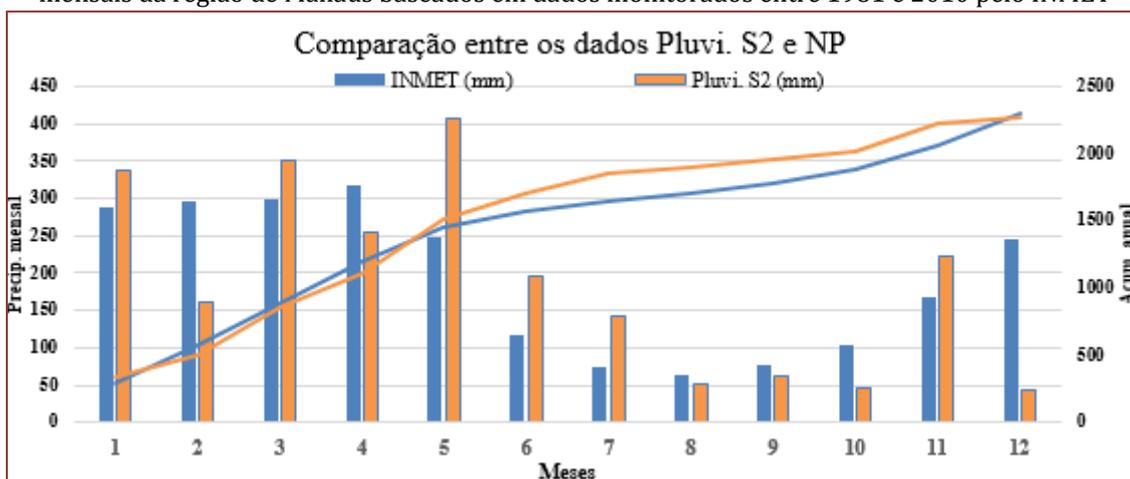


Até o fim de junho já haviam precipitado 75% do acumulado anual. Os resultados apontam maior frequência, bem como maior intensidade pluviométrica, entre os meses de janeiro a junho (Figuras 3 e 4). Dos 151 desse período apenas 8 não tiveram ocorrência pluviométrica.

Embora o segundo semestre represente metade do ano, a precipitação do período correspondeu a menos de ¼ da altura total de 2015, 567,6 mm. A declinação da altura precipitada entre julho e dezembro se evidencia, também, pela queda da frequência de ocorrência das chuvas, 92,2% dos dias estios ocorreram nesse período.

A correlação entre os dados registrados pelo Pluvi. S2 e os Normais Pluviométricos ficou em 0,63,9. A baixa associação entre os valores se evidencia na assimetria dos gráficos apresentados na Figura 5.

Figura 5: Análise comparativa entre os registros de 2015 do Pluvi. S2 com os normais pluviométricos mensais da região de Manaus baseados em dados monitorados entre 1981 e 2010 pelo INMET



Ainda que os hietogramas mensais do ano apresentem variabilidade das alturas pluviométricas, onde seis meses estiveram acima das médias históricas, o mês de maio se contrasta com os registros de 161,47 mm acima do NP. Essa diferença no acumulado mensal se atenua nas linhas de tendência dos pluviogramas, que mantiveram-se aproximados no 1º semestre devido, principalmente, a baixa precipitação em fevereiro, -133,85 mm em relação à média.

O pluviograma de 2015 se distancia do pluviograma do NP cerca de 143 mm até o mês de junho, considerado como fim do ciclo da estação chuvosa, ocasião em que já havia ocorrido 75,08% da precipitação total do ano, enquanto no NP esse percentual equivale a 68,06 %.

Os registros da precipitação de 2015 estiveram acima do NP até meados do mês de dezembro, ocasião do ápice de influência do fenômeno El Niño, fato que impactou o episódio pluviométrico do mês em 82% abaixo da média.

A distribuição pluviométrica dos hietogramas mensais de 2015 resultaram em um desvio padrão de 123,09, evidencia de uma dispersão bem mais mutável do que a mesma variável do NP, 95,87

6. CONCLUSÃO

Este trabalho oportunizou uma discussão sobre a importância da observação pluviométrica como elemento essencial na Gestão dos Recursos Hídricos em consonância com a Gestão Ambiental. A chuva é um dos principais agentes de formação do cenário terrestre, sua ocorrência e formato devem ser subsídios elementares para as mais diversas decisões. Sua compreensão de longo prazo pode garantir maior assertividade na preservação e conservação ambiental.

A estimativa dos seus valores mais prováveis, a identificação das áreas de ocorrências e a regularidade com que as mesmas se distribuem constituem informações imprescindíveis ao planejamento hídrico, contribuindo na geração de projetos agrícolas e de irrigação, engenharia civil, engenharia florestal e hidrologia.

Os dados expostos exemplificam a análise de um ano juliano, possibilitando o exame sazonal das chuvas no ano de 2015 em uma bacia experimental da Amazônia Central. A precipitação total estudada foi de 2.277,6 mm com média mensal de 189,8 mm, o mês de maior registro pluviométrico foi maio, 408,45 mm, o mês de menor registro foi dezembro, 44,2 mm. A duração média das chuvas foi de 1 hora e 32 minutos e o tempo total foi de 98,5 horas.

Os resultados apontam maior frequência, bem como maior intensidade pluviométrica, entre os meses de janeiro a junho com 75% do acumulado anual, confirmando a afirmativa de Reboita *et al.* (2010) de que a precipitação da região Norte do Brasil tem maior intensidade no 1º semestre do ano.

A média mensal dos valores precipitados em 2015 foi de 189,8 mm. Ficou próxima da média do NP 191,77 mm. No entanto, a baixa correlação entre as séries, a amplitude entre os desvios padrão e a observação dos gráficos, demonstram que houve significativa disparidade na distribuição mensal das chuvas em relação do ano estudado.

Embora a distribuição tenha sido desigual em escala mensal, a tendência dos acumulados anuais das duas séries comparativas foram relativamente uniformes no 1º semestre do ano.

Os dados do 1º semestre distinguem-se dos registros do 2º semestre, em que a altura precipitada ficou abaixo dos normais pluviométricos, sobretudo após a ocorrência do fenômeno El-Niño no mês de dezembro, influenciando negativamente a altura precipitada em 82%. Fisch *et al.*, (1991) também constataram diminuição para o mesmo período de 1983, porém de 70%.

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem à Coordenação de Pesquisas Hidrológicas (CPH), do Programa de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia (LBA) pelos dados disponibilizados para o estudo.

Ao Prof. Água / UEA, cuja a ambiência propiciou a produção deste estudo.

REFERÊNCIAS

- [1] Agência Nacional de Águas. Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2017: relatório pleno / Agência Nacional de Águas. Brasília, 2017.
- [2] Agência Nacional de Águas. Sistema Nacional de Informações de Recursos Hídricos / Divisões Hidrográficas do Brasil. Disponível em: <<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/panorama-das-aguas/divisoes-hidrograficas>> Acesso em: 10 Fev. 18.
- [3] Bertoni, J. C. & Tucci, C. E. M. (2001). Precipitação. In *Hidrologia: Ciência e Aplicação*, Org. por Tucci, C. E. M. 2. ed., 2. reimpr., ed. UFRGS, Porto Alegre – RS, 943 p.
- [4] Blinda, M. Recursos hídricos y demanda de água: previsiones para el futuro del agua en el Mediterráneo. *Revista Cuadernos del Mediterráneo*, 2008, pp. 75-85.
- [5] Brasil. *Lei 6.938, de 31 de agosto de 1981*. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm. Acesso em 10 abr. 2017.
- [6] Brasil. *Lei 9.443, de 08 de janeiro de 1997*. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm. Acesso em 08 abr. 2017.
- [7] Brasil. Ministério das Relações Exteriores. Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento: *Agenda 21*. Brasília: Diário Oficial da União, 1994.
- [8] Fisch, G.; Marengo, J. A.; Nobre, C. A. Clima da Amazônia. Disponível em: <<http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/>>. Acesso em: 18 dez. 2018.
- [9] Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet). Normais Climatológicas do Brasil. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>. Acesso em: agosto de 2018.
- [10] Ishihara, J. H.; Fernandes, L. L.; Duarte, A. A. M.; Loureiro, G. E. Avaliação do Monitoramento Pluviométrico da Amazônia Legal. *Engenharia Ambiental (Online)*, v. 10, p. 132-144, 2014.
- [11] Reboita M.S., Gan M. A., Da Rocha R. P., Ambrizzi T. (2010). Regimes de Precipitação na América do Sul: Uma Revisão Bibliográfica. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.25, n.2, pp. 185-204.

- [12] Setti, A. A., Lima, J. E. F. W., Chaves, A. G. M., Pereira, I. C. *Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos*. 2. ed. – Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas, 207p. 2000.
- [13] Silva, D. D. Noções de recursos hídricos. (2002). In *Anais do II Encontro De Preservação de Mananciais da Zona da Mata Mineira, Viçosa, Jul. 2002, 3*, pp. 226-269.
- [14] Silveira, A. L. L. (2001). Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica. In *Hidrologia: Ciência e Aplicação* Org. por Tucci, C. E. M. 2. ed., 2. reimpr., ed. UFRGS, Porto Alegre – RS, 943 p.
- [15] Trovati, L. R.; Antonio, M. A. (1996). Balanço hídrico distribuído com medidas de chuva por radar meteorológico. In *Anais do IX Congresso Brasileiro de Meteorologia, Campos do Jordão, 1996*, pp.1148-1151.
- [16] Tundisi, J. G. *Água no século XXI: enfrentando a escassez*. São Carlos: RiMa, 2.ed., 2003. 248p.
- [17] Wmo. *Guide to meteorological instruments and methods of observation*. Geneva, World Meteorological Organization, 2010.
- [18] Who; UN-Water. *Glaas 2010. UN-Water Global Annual Assessment of Sanitation and Drinking Water: targeting resources for better results*. Geneva: WHO, UN-Water, 2010.

Capítulo 17

Zoneamento pluviométrico na Bacia Hidrográfica do Rio Ipojuca (PE) e sua relação com o escoamento dos cursos hídricos

Thiago Franklin Santos de Almeida

Gadadhara de Figueiredo Ferraz

Roberta de Melo Guedes Alcoforado

Resumo: A condição fluviométrica de uma bacia depende da precipitação e descarga do lençol freático. Quando um rio é chamado perene, este apresenta abastecimento principalmente pelo lençol freático, ou seja, mesmo sem presença de chuva o rio continua a escoar. Em casos de rios intermitentes, não ocorre descarga proveniente do lençol freático. No semiárido brasileiro é bastante comum a existência de rios intermitentes. Porém, em alguns casos um rio apresenta trechos intermitentes e outros perenes, como é o caso da bacia hidrográfica do rio Ipojuca. Sendo assim, este trabalho traz como objetivo levantar o zoneamento pluviométrico e avaliar sua relação com o regime fluviométrico. A metodologia consistiu em agrupar as estações pluviométricas em função das suas médias anuais e da sua localização em referência as mesorregiões do estado de Pernambuco. O resultado foi comparado os as curvas de permanências das estações fluviométricas existentes e com suas respectivas vazões de referência. Obteve-se uma conexão significativa entre o zoneamento e as vazões dos trechos do rio Ipojuca, relacionando os índices pluviométricos com o regime fluviométrico, observando o ponto onde o rio passa a ter um regime perene de escoamento.

Palavras-Chave: Rio Ipojuca, zoneamento pluviométrico, rios intermitentes.

1. INTRODUÇÃO

As regiões semiáridas compreendem aproximadamente 11,5% do território nacional, área equivalente a 982.563 km² (Brasil, 2005). No Nordeste, essa porcentagem corresponde a 48% do território, segundo um novo redimensionamento proposto pela Fundação Cearense de Meteorologia (Melo, 1999). Esta região é caracterizada por apresentar irregularidade climática com grande variabilidade espacial e temporal dos parâmetros meteorológicos, apresentando os valores mais extremos do país: a maior insolação, a menor nebulosidade, as maiores médias térmicas, as maiores taxas de evaporação e, sobretudo, os menores índices pluviométricos, em torno de 500 a 700 mm anuais (Oliveira *et al.*, 2006).

A precipitação é entendida em hidrologia como toda água proveniente do meio atmosférico que atinge a superfície terrestre. Portanto, a disponibilidade de precipitação numa bacia durante o ano é o fator determinante para quantificar, entre outros, a necessidade de irrigação de culturas e o abastecimento humano. A intensidade da precipitação é importante para o controle de erosão de solo e inundação, e sua escassez causa impacto, ocasionando secas extremas. Assim, a precipitação é um dos mais importantes condicionantes do clima na região semiárida do Nordeste Brasileiro, onde está inserida parte da bacia hidrográfica do rio Ipojuca.

As condições fluviométricas de uma bacia hidrográfica dependem, em geral, da precipitação e das descargas dos lençóis freáticos, tendo assim um componente superficial e outro subterrâneo. O escoamento superficial depende fundamentalmente da precipitação que ocorre ao longo da bacia, onde parte desta é interceptada, pela vegetação ou outra forma de obstrução ao escoamento, outra parte infiltra no solo, abastecendo os lençóis freáticos e as raízes das plantas, e o restante escoar nos talwegues que alimentará os rios e riachos, incrementando a vazão destes.

Um rio apresenta seu componente superficial sempre em ligação com a sua componente subterrânea. Normalmente, a água passa através da camada impermeável de sedimento, diminuindo o escoamento superficial à medida que a água se infiltra e corre subterraneamente. Em regiões áridas ou semiáridas, sobretudo em situação de enxurrada, após forte precipitação, a escorrência superficial pode assumir grandes proporções porque a superfície do solo muito seco cria uma camada rígida impermeável que impede a infiltração (Morais *et al.*, 2006).

Os rios perenes possuem escoamento superficial durante todo o ano, sendo alimentado principalmente pelo lençol freático, portanto continuam a escoar mesmo após o fim do ciclo sazonal de precipitação da bacia. Em oposição, os rios intermitentes, típicos em regiões áridas e semiáridas e também em áreas onde o lençol freático corre por baixo da camada permeável de sedimentos, o rio não terá a contribuição proveniente do freático, ou seja, não ocorre a descarga ascendente natural proveniente do lençol freático que alimenta o leito do rio. Contudo, ao longo de um rio, em função da permeabilidade ou em resposta as alterações da vazão, o seu regime de escoamento pode variar de intermitente para perene.

Este último caso relatado descreve bem como é o regime do rio Ipojuca e da maioria de seus afluentes. O Rio Ipojuca apresenta o regime intermitente da sua nascente até as proximidades do município de Gravatá, onde deste ponto em diante, seu curso passa a ser perene. Identificar o ponto, ou as proximidades, que ocorre esta mudança no regime do escoamento está relacionado ao regime pluviométrico da bacia.

2. ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do rio Ipojuca pertence à região hidrográfica do Atlântico Nordeste Oriental, fica localizada entre os paralelos 08°09'50" e 08°40'20" de latitude sul e os meridianos 34°57'52" e 37°02'48" de longitude oeste de Greenwich. Tem uma área superficial de 3.453,34 km², algo em torno de 3,49% do território do estado de Pernambuco. Limita-se ao norte com a bacia hidrográfica do rio Capibaribe; ao sul com as bacias hidrográficas dos rios Una e Sirinhaém; a leste, com o segundo (GL-2) e terceiro (GL-3) grupos de bacias hidrográficas de pequenos rios litorâneos e o oceano Atlântico e; a oeste com a bacia hidrográfica do rio Ipanema e o estado da Paraíba (APAC, 2017). Sua representação espacial está na Figura 7.

Figura 6 - Estações pluviométricas e fluviométricas selecionadas



De acordo com o Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Pernambuco (SECTMA, 1998), a bacia possui grande diversidade climática e hidrológica. Em geral, o clima é caracterizado como tropical chuvoso de monção com o verão seco. Na parte mais a montante da bacia, o período chuvoso ocorre de março a junho, com precipitação média anual de 700 a 800 mm, no alto e médio Ipojuca o período chuvoso ocorre de março a julho, com precipitação média anual de 800 mm, e no baixo Ipojuca, o período chuvoso ocorre de março a agosto, com precipitação média anual de 1.250 a 1.500 mm.

O principal curso d'água da bacia é o rio Ipojuca, com 320 km de extensão, nasce nas encostas da serra do Pau d'Arco e segue com regime intermitente até as proximidades de Gravatá, onde torna-se perene e segue na direção sudeste até desembocar ao sul do Complexo Industrial e Portuário Governador Eraldo Gueiros – Suape. Neste ponto, teve seu estuário bastante modificado nos últimos anos em decorrência da instalação do Complexo Portuário. Ao longo do seu percurso atravessa as regiões fisiográficas do sertão do Moxotó, agreste, mata sul e metropolitana de Pernambuco. Seus principais afluentes, pela margem direita são riacho Liberal, riacho Taquara e riacho do Mel e, pela margem esquerda, riacho do Coutinho, riacho dos Mocós, riacho do Muxoxo e riacho Pata Choca.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Com o objetivo de relacionar o regime fluviométrico com os diferentes índices pluviométricos da bacia, foi desenvolvido o zoneamento pluviométrico da bacia hidrográfica do Rio Ipojuca. Para tanto, a metodologia aplicada foi sintetizada nas etapas descritas a seguir.

3.1. COLETA E ANÁLISE DE DADOS

Foram coletadas estações pluviométricas e fluviométricas da área de estudo através de dados disponibilizados pela Agência Nacional de Águas (ANA). Foram selecionadas 38 estações pluviométricas localizadas na bacia do rio Ipojuca e em bacia vizinhas, conforme apresentado na Figura 7. Tais estações constam no banco de dados do Atlas de Abastecimento Urbano de Água (ANA, 2010), onde a série temporal é do ano de 1933 até 2001. Em quatro estações foi possível atualizar a série até o ano de 2015. O preenchimento de falhas foi realizado pelo método do vetor regional desenvolvido por Hiez (1977 e 1978).

Já em relação aos dados fluviométricos, há apenas cinco estações ao longo da bacia estudada disponíveis do portal Hidroweb (ANA, 2016), todas estas na calha do rio Ipojuca (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**). Porém, apesar de poucas estações, estas estão bem distribuídas ao longo do curso do rio, como pode ser verificado na Figura 7. Devido a esta pouca quantidade de estações e estarem em trechos do rio com regimes hidrológicos distintos, o preenchimento de falhas foi então concebido em função da média de longo termo, associando-as aos períodos sazonais de cada estação.

Tabela 4 - Relação das estações fluviométricas analisadas.

Código	Nome	Rio	Município	AD (km ²)	Início Dados	Fim Dados
39310000	Sanharó	Rio Ipojuca	Sanharó	672	15/01/2004	31/12/2015
39340000	Caruaru	Rio Ipojuca	Caruaru	2.000	01/03/1973	31/12/2015
39360000	Engenho Tabocas	Rio Ipojuca	Pombos	2.960	10/01/1967	31/12/2015
39370100	Engenho Maranhão	Rio Ipojuca	Ipojuca	3.310	02/02/2003	31/12/2015
39345000	Gravatá	Rio Ipojuca	Gravatá	2.650	01/01/2000	31/12/2015

3.2. DIRETRIZES DO ZONEAMENTO PLUVIOMÉTRICO

Inicialmente foi calculada a precipitação total média das estações pluviométricas selecionadas, para em seguida agrupá-las em função deste valor. Foi observado que a precipitação aumenta à medida que se aproxima do litoral, algo já esperado. Porém, tal aumento não acontecia de maneira gradual, havendo uma disparidade entre os índices pluviométricos de regiões vizinhas.

Logo, as estações pluviométricas foram divididas em 4 grupos, tendo dois critérios de agrupamento: (i) a precipitação anual média; e (ii) a divisão das mesorregiões do estado de Pernambuco na qual a bacia está inserida (agreste, zona da mata e metropolitana de Recife). As mesorregiões do estado do Brasil foram definidas pelo IBGE (1990) através da subdivisão dos estados brasileiros que congrega diversos municípios de uma área geográfica com similaridades físicas, econômicas e sociais, sendo utilizadas para subsidiar planejamentos e estudos.

Para calcular a precipitação média dos grupos, foi aplicado o Método de Thiessen. Este método considera a não uniformidade da distribuição espacial das estações, mas não leva em conta o relevo da bacia (TUCCI, 2004). Os limites dos polígonos extremos de cada agrupamento foram considerados os limites das zonas pluviométricas da bacia hidrográfica do rio Ipojuca.

3.3. AVALIAÇÃO FLUVIOMÉTRICA DA BACIA

Definir o regime fluviométrico do rio Ipojuca foi passo fundamental para verificar sua intermitência e avaliar o componente superficial do escoamento. Para isso, foram desenvolvidas as curvas de permanência das cinco estações fluviométrica e determinadas suas respectivas vazões de referência. A curva de permanência relaciona a vazão ou nível de um rio à probabilidade de ocorrerem vazões maiores ou iguais ao valor da ordenada (TUCCI, 2004).

Segundo a Resolução ANA nº 467 de 30 de outubro de 2006 (ANA, 2006), a vazão de referência corresponde à vazão que serve de referência para a definição da vazão máxima instantânea outorgável em um ponto da bacia, composta por uma fração outorgável e uma fração que deve ser mantida no rio para fins de usos múltiplos. Neste trabalho, foram avaliadas a Q_{50} , Q_{90} , Q_{95} , Q_7 e $Q_{7,10}$ como vazões de referências, e a partir delas foram relacionados os dados pluviométricos do zoneamento para definir intermitência dos trechos do rio Ipojuca.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. ZONEAMENTO PLUVIOMÉTRICO

Os quatro grupos de estações pluviométricas ficaram espacializados da seguinte maneira: dois grupos na mesorregião agreste, um grupo na mesorregião da zona da mata e um último grupo localizado parcialmente na zona da mata e na região metropolitana de Recife (próximo à costa). Logo, devido a esta espacialização, os grupos foram denominados neste estudo como Agreste Ocidental, Agreste Oriental, Zona da Mata e Zona Costeira.

Assim, obteve-se que a precipitação anual média (Método de Thiessen) na região do Agreste Ocidental foi de 623,6 mm, do Agreste Oriental de 1018,8 mm, da Zona da Mata de 1539,6 mm e de 1.707,0 mm para a Zona Costeira. Os resultados confirmam a considerável discrepância entre os índices pluviométricos das quatro zonas, onde a diferença entre as regiões variou entre 167,4 a 520,8 mm. A

Figura 8 apresenta graficamente os resultados, além de uma síntese da avaliação.

Figura 8 - Precipitação anual média das zonas.

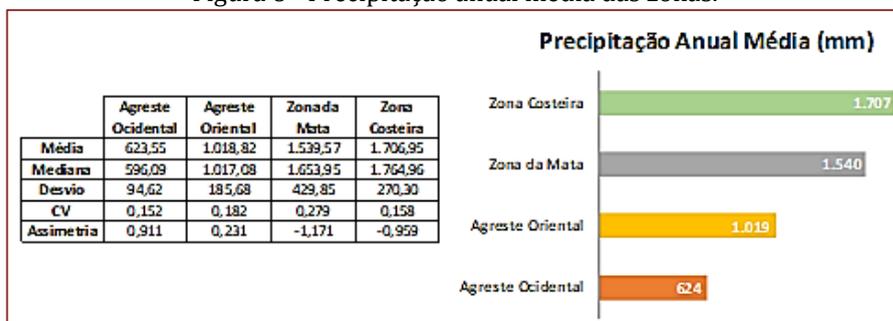
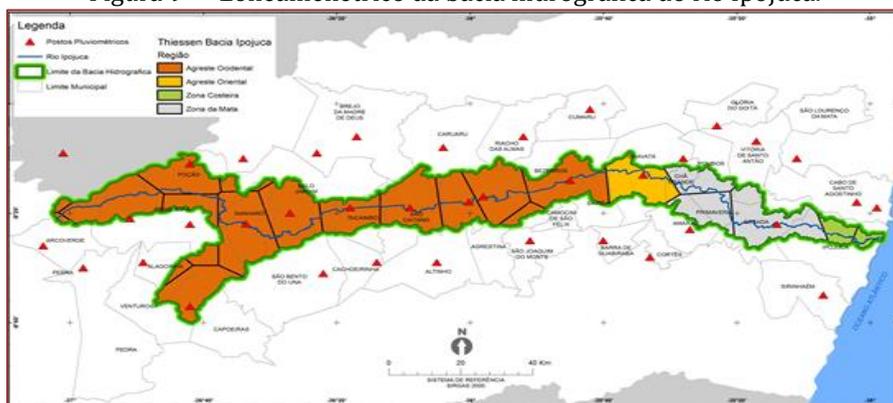


Figura 9 - Zoneamento pluviométrico da bacia hidrográfica do rio Ipojuca.

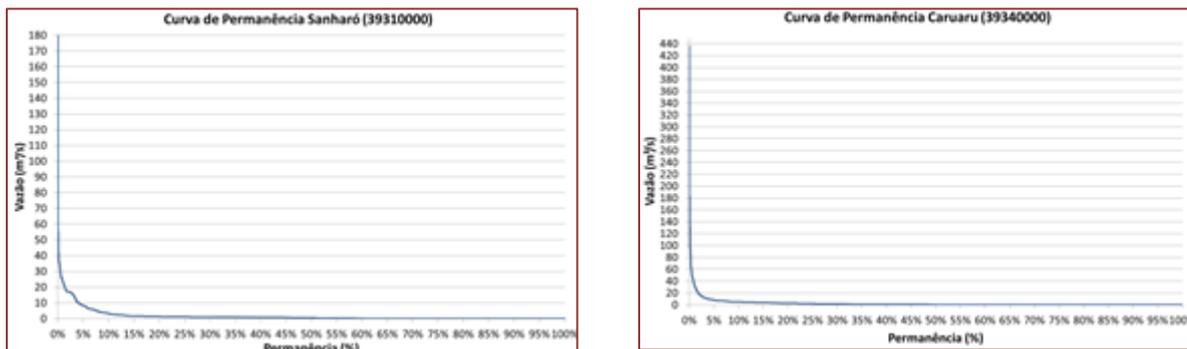


A Figura 9 - apresenta espacialmente o zoneamento pluviométrico da bacia. É possível que a zona do Agreste Oriental teve origem nas nascentes e seu limite próximo a divisa entre os municípios de Bezerros e Gravatá. Deste ponto até mediações dos municípios de Chá Grande e Amaraji ficou situada Zona do Agreste Ocidental. A Zona da Mata se iniciou após a anterior e tem seus limites no município de Ipojuca. Deste último ponto até o litoral ficou localizada a Zona Costeira.

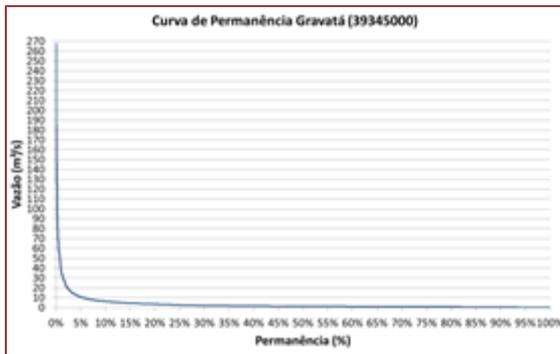
4.2. CONDIÇÃO FLUVIOMÉTRICA DA BACIA

A Figura 10 exibe as curvas de permanência das estações fluviométrica utilizadas neste estudo. A forma e a declividade da curva de permanência expressam a variabilidade das vazões, onde estas são determinadas através das características físicas, climáticas, morfológicas e de cobertura vegetal da bacia.

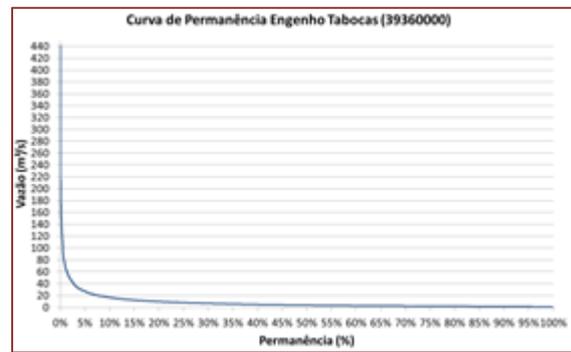
Figura 10 - Curvas de permanência das estações fluviométricas da bacia do Rio Ipojuca.
 a) Sanharó (39310000).
 b) Caruaru (39340000).



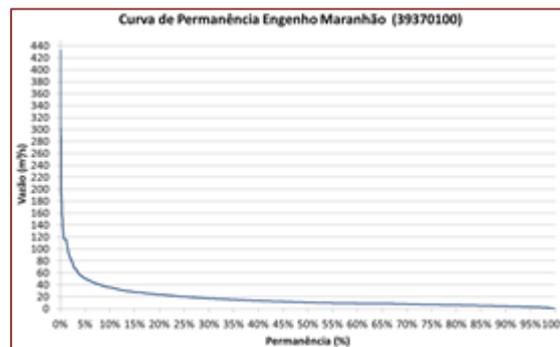
c) Gravatá (39345000).



d) Engenho Tabocas (39360000).



e) Engenho Maranhão (39370100).



Segundo Searcy (1959), curvas de permanência com declividade acentuada indicam grande variabilidade das vazões, com predominância de escoamento superficial, enquanto curvas com declividades reduzidas indicam maior ocorrência de armazenamento de água em camadas subterrâneas, onde há uma maior regularização do regime de vazões. Observando a Figura 10, nota-se que as curvas de permanência reproduzidas se assemelham com o primeiro caso descrito, diagnosticando uma maior contribuição da parcela superficial do escoamento.

As vazões de referências das estações são dispostas na Tabela 5. Certifica-se que a estação localizada em Sanharó indica o regime intermitente neste trecho do Rio Ipojuca, uma vez que as vazões Q_{90} e Q_{95} (0,02 e 0,01 m^3/s , respectivamente) são praticamente nulas e a $Q_{7,10}$ é nula. Situação semelhante foi encontrada para a estação Caruaru. A partir da estação de Gravatá é diagnosticada uma permanência do rio Ipojuca, onde a Q_{90} é de aproximadamente 0,45 m^3/s e a Q_{95} chega ao valor de 0,18 m^3/s . Além disso, observa-se também que a $Q_{7,10}$ ainda é nula neste trecho do rio. A estação de Engenho Tabocas, localizada no município de Pombos, já mostra explicitamente que o regime do rio neste trecho é perene, onde as Q_{90} e Q_{95} tem seus valores superiores a 1,00 m^3/s (1,31 e 1,07 m^3/s , respectivamente) e o valor da $Q_{7,10}$ não é nulo, distinto do verificado para as outras estações mencionadas.

Assim, é percebido que o rio Ipojuca passa do regime intermitente para perene nas proximidades do município de Gravatá, onde foi percebida uma permanência da vazão. A montante deste município não há evidências de perenização do rio. Relacionando esta inferência com o zoneamento pluviométrico, observa-se que no município de Gravatá se inicia a zona do Agreste Oriental, com índices pluviométricos anuais cerca de 400 mm maiores que o Agreste Ocidental.

Tabela 5 - Vazões de referência das estações fluviométricas.

Código	Nome	Município	Q_{50} (m^3/s)	Q_{90} (m^3/s)	Q_{95} (m^3/s)	Q_7 (m^3/s)	$Q_{7,10}$ (m^3/s)
39310000	Sanharó	Sanharó	0,439	0,017	0,008	0,071	0,000
39340000	Caruaru	Caruaru	0,418	0,019	0,010	0,029	0,000
39345000	Gravatá	Gravatá	1,184	0,452	0,177	0,337	0,000
39360000	Engenho Tabocas	Pombos	3,568	1,317	1,074	0,995	0,416
39370100	Engenho Maranhão	Ipojuca	10,435	4,226	2,986	3,203	1,421

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O zoneamento pluviométrico da bacia hidrográfica do rio Ipojuca apresentou os diferentes índices pluviométricos atuantes na região, sobre tudo a disparidade entre as zonas. A chuva atuante na Zona do Agreste Ocidental é insuficiente para perenizar o rio Ipojuca e seus afluentes, uma vez que é escassa e concentrada em alguns meses do ano. A análise dos dados fluviométricos comprovou esta inferência, uma vez que certificado a permanência do rio Ipojuca a partir da estação localizada no município de Gravatá, onde a vazão de referência Q_{90} não foi nula.

As declividades acentuadas das curvas de permanência das estações fluviométricas indicaram uma maior contribuição da componente superficial do escoamento do rio Ipojuca, sendo estas mais perceptíveis nas estações de Sanharó e Caruaru. Como era esperado, o rio Ipojuca tem o seu curso d'água perene à medida que se aproxima da Zona da Mata, onde os índices de precipitação são de maiores valores e regularidade. Diante destas informações, pode-se inferir que a permanência da vazão do Rio Ipojuca está diretamente associada com os índices pluviométricos da bacia, onde na parte intermitente, provavelmente, a componente subterrânea do escoamento é insignificante.

É válido ressaltar que uma maior quantidade de estações fluviométricas operantes bem distribuídas ao longo do rio Ipojuca e seus afluentes, subsidiaria uma análise mais detalhada e precisa sobre o regime de escoamento dos cursos hídricos.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos nossos pais e amigos que nos incentivaram e apoiaram durante todo o percurso acadêmico e profissional. Assim como, agradecemos também a TPF Engenharia que nos deu a oportunidade aperfeiçoar nosso conhecimento na área de recursos hídricos e ampliar a visão para novas ideias e interesses, e aos nossos colegas de trabalho que participaram e influenciaram neste desenvolvimento, dando suporte em todas as etapas de trabalho.

REFERÊNCIAS

- [1] Ana, Agência Nacional de Águas (2006). Resolução Nº 467, de 30 de out. de 2006. Brasília/DF, 2006.
- [2] Ana, Agência Nacional de Águas (2010). Atlas Brasil – Abastecimento Urbano de Água. Brasília/DF, 2010. Disponível em <http://atlas.ana.gov.br/Atlas/forms/Home.aspx>. Acesso em 04 set. 2016.
- [3] Ana, Agência Nacional de Águas. Portal Hidroweb. Disponível em <http://hidroweb.ana.gov.br/>. Acesso em: 20 jul. 2016.
- [4] APAC. Agência Pernambucana de Águas e Climas. Bacias Hidrográficas. Disponível em http://www.apac.pe.gov.br/pagina.php?page_id=5&subpage_id=17. Acesso em 09 maio 2017.
- [5] Brasil. Ministério da Integração Nacional. Nova delimitação do semi-árido brasileiro. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2005. Disponível em http://www.mi.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=0aa2b9b5-aa4d-4b55-a6e1-82faf0762763&groupId=24915. Acesso em 07 maio 2017.
- [6] Hiez, G. (1977). L'homogénéité des données pluviométriques. Cahiers Orstom. *Série Hydrologie*. Paris, 1977, v.14, n.2, p.129-172.
- [7] Hiez, G. (1978). *Processamento dos dados pluviométricos do nordeste: homogeneização dos dados – métodos do vetor regional*. Recife: Sudene, 1978.
- [8] IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (1990). *Divisão regional do Brasil em mesorregiões e microrregiões geográficas*. Rio de Janeiro, 1990. 135p.
- [9] Melo, J.C. (1999). O fenômeno El niño e as secas no Nordeste do Brasil. *Revista Raízes*, Ano XVIII, Nº20, p.13-21, 1999.
- [10] Morais, M. M.; Pedro, A.; Rosado, J. (2006). Rios temporários: do excesso à escassez. Disponível em <http://home.dbio.uevora.pt/~mmorais/docs/Rios%20tempor%E1rios%20do%20excesso%20E0%20escassez.pdf>. Acesso em 06 set. 2016.
- [11] Oliveira, M. B. L.; Santos, A. J. B.; Manzi, A. O.; Alvalá, R. C. S.; Correia, M. F.; Moura, M. S. B. (2006). Trocas de energia e fluxo de carbono entre a vegetação de caatinga e atmosfera no nordeste brasileiro. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.21, p.378-386, 2006.
- [12] Sectma, Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente (1998). *Plano Estadual de Recursos Hídricos - Pernambuco*. Recife: Sectma, 1998. 223p.
- [13] Searcy, J. K. (1959). Flow duration curves. In: Manual of Hydrology, part. 2. Low – flow techniques. *USGS Supply Paper 1542A*. Washington: US Government Printing Office, 33 p,1959.
- [14] Tucci, C. E. M. (2004). *Hidrologia: Ciência e aplicação*. 3.ed. Porto Alegre: UFRGS/abrh, 2004. 943p.

Capítulo 18

Qualidade das águas subterrâneas nas dunas e cristalino em Caucaia-CE

Bruno Alves de Mesquita

Horst Frischkorn

Carla Maria Salgado Vidal Silva

Josué Mendes Filho

Maria Marlúcia Freitas Santiago

Resumo: Este trabalho foi realizado no município de Caucaia/Ceará em duas áreas hidrogeologicamente distintas, uma na costa, onde prevalecem Dunas e Formação Barreiras, e outra no interior, onde predomina o cristalino. Foram coletadas no final do período seco (março de 2014) e final do chuvoso (agosto de 2015) amostras de 39 poços, 12 do interior e 27 da costa, para análise das concentrações dos íons maiores, nitrato, condutividade elétrica e dos isótopos estáveis oxigênio-18 e deutério. As faixas de condutividade elétrica nas duas coletas diferem nas duas áreas com valores menores do que 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ na costa e maiores do que este valor no interior, atingindo 7500 $\mu\text{S}/\text{cm}$; medidas de nitrato identificam contaminação local em parte das amostras do litoral. A relação de $\delta^{18}\text{O}$ versus δD com dados das duas coletas indicam processo de evaporação mais intenso na costa e no período seco e recarga feita diretamente pelas chuvas sem contribuição de reservas superficiais. Os processos de aquisição de sais pelas águas nas duas áreas diferem; na costa predomina a interação água rocha e no interior os processos de evaporação-cristalização.

Palavras-chave: águas subterrâneas, isótopos estáveis, salinidade.

1. INTRODUÇÃO

No Estado do Ceará, os principais problemas envolvendo reservas hídricas primárias decorrem da má distribuição espacial e temporal das chuvas e dos fenômenos de seca. As escassas reservas subterrâneas de qualidade adequada ao consumo são o resultado de quatro fatores: i) solo, em geral, pouco espesso para o armazenamento de água; ii) recarga fácil, como nas dunas, tornando a reserva vulnerável; iii) evaporação alta das águas de recarga; e iv) temperatura elevada, favorecendo processos endógenos que influenciam na salinização. Assim, a salinidade das águas subterrâneas é alta na maior parte do Estado, provocada por processos físicos e geoquímicos que dependem de parâmetros como temperatura, geologia e estratigrafia.

A necessidade cada vez maior de água devido ao aumento populacional e ao crescimento acelerado dos setores industrial e agrícola, requer a realização de estudos direcionados para o monitoramento da qualidade e quantidade das águas subterrâneas, considerando sua importância para o abastecimento das diversas necessidades dos seus usuários. A sua presença numa região não garante o suprimento de recursos hídricos à população, pois há necessidade de quantidade suficiente e de qualidade adequada a cada uso específico.

Em condições naturais, as águas subterrâneas têm sua qualidade dependente da composição das chuvas (JALALI, 2007) e de processos de interação com minerais do aquífero (NARANY et al., 2014, entre outros). A contribuição de sais da atmosfera diminui com a distância ao mar (STARLLARD e EDMUND, 1981); por isso, é muito importante para a composição das águas subterrâneas em regiões costeiras (CAROL e KRUSE, 2012). Também o uso do solo influencia a qualidade das águas subterrâneas dependendo da configuração geológica (JALALI, et al., 2007) que pode favorecer a sua interação com águas superficiais.

A influência de diferentes fatores sobre a qualidade das águas subterrâneas varia no tempo e no espaço (MIKHLAFI, et al. 2003). Nur et al. (2012a) identificaram a relação entre sistemas de fluxos subterrâneos e as fácies químicas. No trabalho de Nur et al. (2012b) foi constatado que o sistema de fluxo é complexo e influencia a variabilidade espacial natural da química nas águas subterrâneas em escala regional e local.

O nitrato é um dos íons indicadores da qualidade das águas mais encontrado em águas naturais sendo considerado um indicador de poluição difusa, onde não existe um foco definido de poluição; em geral, sua origem está relacionada a atividades agrícolas e esgotos sanitários. Nas áreas habitadas ele resulta diretamente de fatores como a densidade demográfica, ausência de esgotamento sanitário e presença de fossas sépticas e rudimentares.

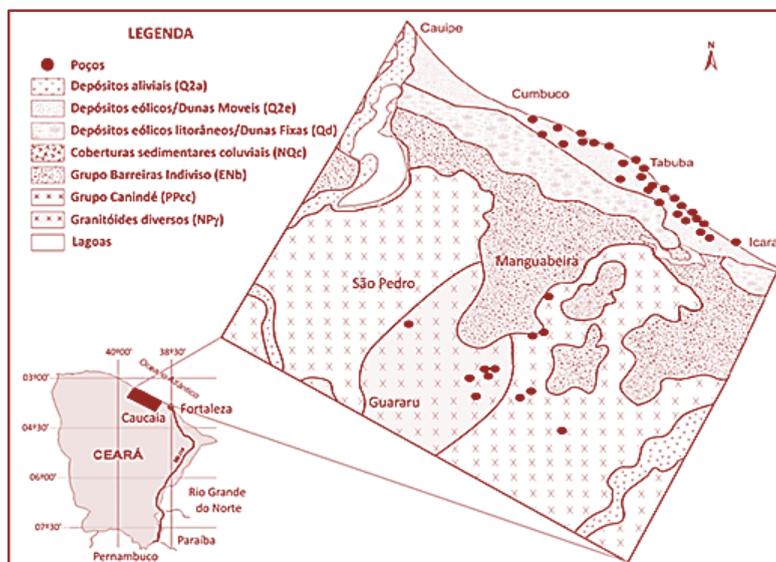
A contaminação das águas superficiais e subterrâneas tem sido associada também a aterros sanitários, depósitos de rejeitos industriais e esgotamento sanitário. Nóbrega et al. (2008) identificou o crescimento desordenado de áreas urbanas como a maior causa das contaminações em lençóis subterrâneos e Richards et al. (1996) ressaltam que a contaminação de um poço não reflete necessariamente a contaminação de um aquífero, pois os poços que tem defeito de construção podem contaminar-se por aporte local de contaminantes.

Para identificar processos responsáveis pela qualidade das águas subterrâneas em diferentes condições ambientais, este trabalho foi desenvolvido em duas áreas do município de Caucaia, região Metropolitana de Fortaleza, que estão nas mesmas condições climáticas, mas diferentes condições de armazenamento; uma na costa e outra no interior, a cerca de 20 km dela. O abastecimento de água das duas regiões é feito principalmente por reservas subterrâneas.

2. ÁREA

Para realização deste trabalho, duas reservas de água subterrânea foram pesquisadas no município de Caucaia, costa oeste do Estado do Ceará. Numa área com aproximadamente 110 km², na costa, foram coletadas 27 amostras e no interior foram coletadas 12 amostras, em dois períodos, em março de 2014 e em agosto de 2015. Os locais de amostragem são mostrados na Figura 1.

Figura 1. Localização da área de trabalho e dos pontos amostrados (modificado de SANTIAGO et al., 2007 e baseado no Atlas da CPRM, 2003)

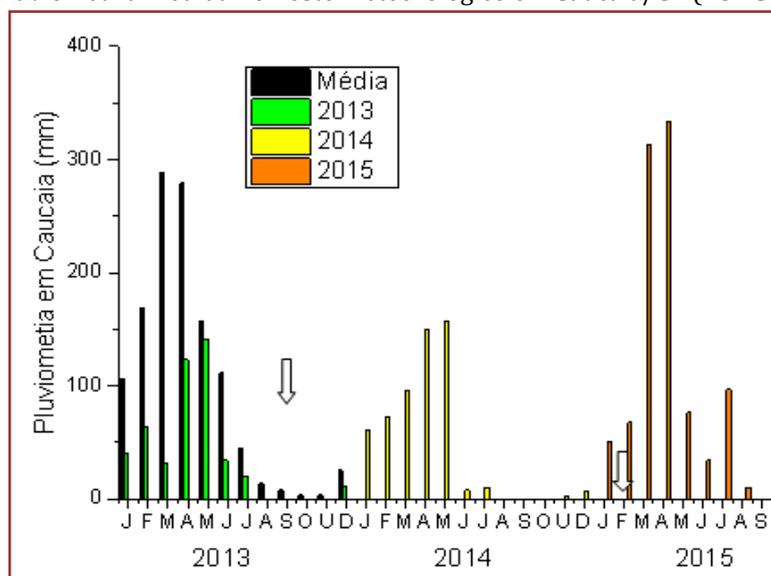


As águas subterrâneas da região costeira estão localizadas em dois sistemas aquíferos: dunas e Formação Barreiras; as dunas são formadas pelo acúmulo de sedimentos removidos da fase de praia por processo de deflação eólica e se apresentam como aquífero superior livre; repousam sobre os sedimentos da Formação Barreiras, uma sequência constituída de sedimentos areno-argilosos. (AGUIAR et al., 2007).

Na área no interior, o domínio hidrogeológico predominante é o embasamento cristalino. Nesse tipo de rocha, a água subterrânea fica condicionada a uma porosidade secundária representada por fraturas e fendas, caracterizando os reservatórios como aleatórios e descontínuos, comumente chamados de “aquíferos fissurais” (LIRA, 2009). Nesse tipo de aquífero, a água, em função da falta de circulação e dos efeitos do clima semiárido, é normalmente salinizada.

A pluviosidade na área, medida nas chuvas coletadas no Posto Meteorológico de Caucaia, (FUNCEME, 2016) está mostrada na Figura 2, onde estão indicados os períodos das coletas 1 e 2. Observa-se que 2013 e 2014 tiveram precipitação anual muito abaixo da média e que as chuvas ocorrem no primeiro semestre de cada ano.

Figura 2. Pluviometria medida no Posto Meteorológico em Caucaia/CE (FUNCEME, 2016)



3. METODOLOGIA

Para o estudo das águas subterrâneas nas duas áreas, 39 poços foram amostrados nos dois períodos de coleta, e feitas análises isotópica, de oxigênio-18 e de deutério, e físico-química, dos íons maiores (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , NO_3^-) e da condutividade elétrica.

As medidas de isótopos estáveis, oxigênio-18 e deutério, foram feitas no Laboratório de Isótopos Estáveis do Departamento de Física da Universidade Federal do Ceará, utilizando o Espectrômetro de Cavidade Ressonante da Picarro, modelo L2130-i. A técnica de Espectroscopia de Absorção a Laser em Cavidade Ressonante (e.g., BUSCH e BUSCH, 1997; BEAR et al., 2002) fornece os resultados com rapidez e excelente precisão. Estas medidas são expressas em partes por mil (‰) com relação ao padrão internacional VSMOW (*Vienna Standard Mean Ocean Water*), de acordo com a expressão (1). A precisão do equipamento é de 1,0 ‰ para δD e 0,10 ‰ para $\delta^{18}\text{O}$.

$$\delta (\text{‰}) = \left(\frac{R_{\text{amostra}}}{R_{\text{padrao}}} - 1 \right) \cdot 10^3 \quad (1)$$

Segundo Skrzypek e Ford (2014), essa técnica pode ser aplicada com sucesso na análises de águas salinas em Espectrômetro de Absorção a Laser. Um pré-tratamento foi feito nas amostras muito salinas ($>1500 \text{ } \mu\text{S/cm}$), destilando-as a seco, sem fracionamento isotópico, para diminuir o erro da análise e não danificar o Espectrômetro.

O excesso de deutério foi utilizado para identificar diferentes condições de formação das chuvas nas duas áreas; ele é definido como:

$$d = \delta\text{D} - 8 \cdot \delta^{18}\text{O} \quad (2)$$

As concentrações dos elementos maiores, os cátions Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ e K^+ , e os ânions Cl^- , SO_4^{2-} e HCO_3^- e NO_3^- foram medidas no Laboratório de Hidroquímica do Departamento de Física da UFC seguindo metodologias do Standard Methods (APHA, 2005).

A condutividade elétrica foi medida em campo com um condutivímetro portátil. Os resultados das medidas são comparados com o valor máximo das concentrações de cada parâmetro permitido em águas potáveis (CONAMA, 2008).

Para obter informações sobre mecanismos naturais controlando a química das águas foram utilizados gráficos de Gibbs (1970) que propôs a construção de TDS versus $\text{Na}/(\text{Na} + \text{Ca})$ e TDS versus $\text{Cl}/(\text{Cl} + \text{HCO}_3)$ para identificar áreas onde dominam três mecanismos: 1) precipitação atmosférica, 2) intemperismo de rochas e 3) evaporação e cristalização fracionada.

4. RESULTADOS

Os resultados das medidas dos parâmetros analisados nas amostras das duas áreas, costa e interior, nos dois períodos de coleta, estão apresentados nas tabelas a seguir. Na costa estão os poços P01 a P27 e no interior, os poços P28 a P39; na Tabela 1 os dados referentes à coleta no final do período seco, em março de 2014, e na Tabela 2, os dados referentes à coleta no final do período chuvoso, em agosto de 2015.

Tabela 1. Medidas de parâmetros físico-químicos e isotópicos de águas subterrâneas das áreas, costa e interior, no município de Caucaia-CE, coletadas em março de 2014.

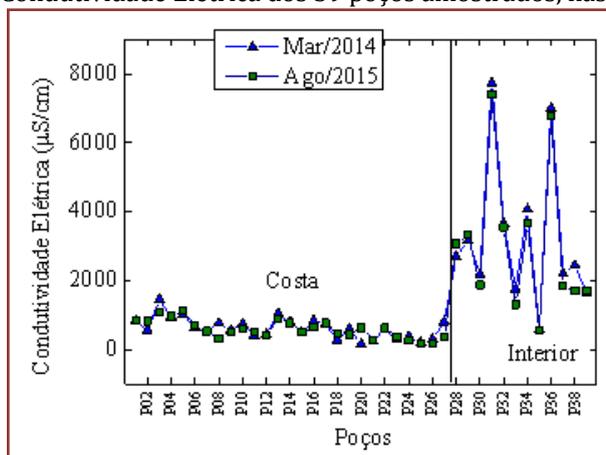
ID	CE (µS/cm)	δ ¹⁸ O (‰)	δD (‰)	Concentrações (mg/L)							
				Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	N-NO ₃ ⁻
Costa											
P01	825	-1,5	-4,1	35,2	5,8	77,9	10,3	101,1	21,4	125,4	7,4
P02	564	----	----	78,4	31,1	170,4	9,8	293,6	55,0	215,6	17,8
P03	1465	-1,1	----	70,4	21,4	96,7	10,7	120,3	58,4	185,5	58,8
P04	946	-1,7	-6,5	84,8	11,6	93,2	14,1	110,7	58,2	195,5	65,6
P05	1018	-2,0	-7,8	57,6	11,6	67,7	5,7	77,0	33,8	180,5	28,9
P06	640	-2,5	-9,6	38,4	11,6	53,9	7,3	67,4	31,4	130,4	19,7
P07	530	-2,3	-8,6	51,2	13,6	90,2	10,7	107,8	43,7	150,4	34,3
P08	766	-2,7	-11,4	48,0	15,5	52,8	5,4	80,8	21,7	165,7	9,7
P09	564	-1,8	-6,6	73,6	8,7	77,3	8,3	84,7	88,9	185,5	14,4
P10	751	-2,2	-7,7	32,0	7,2	38,0	7,8	57,7	5,5	137,9	4,2
P11	420	-1,8	-2,8	46,4	14,5	23,7	4,7	32,7	11,3	175,5	18,7
P12	440	-2,8	-11,7	72,0	16,5	113,1	22,2	103,9	110,4	230,6	44,9
P13	1050	-2,2	-7,0	56,0	19,4	78,0	11,0	91,4	18,8	188,0	9,9
P14	802	-2,0	-6,5	33,6	7,8	64,8	6,5	100,1	12,6	150,4	3,2
P15	498	-2,3	-6,9	60,8	14,6	97,1	9,1	140,5	50,6	120,3	32,8
P16	844	-1,7	-2,9	76,8	19,4	61,4	7,5	75,1	9,5	320,9	13,5
P17	740	-2,0	-9,2	22,4	10,7	23,0	4,8	21,2	7,5	125,4	1,37
P18	282	-3,5	-17,2	54,4	9,7	58,3	7,0	73,3	39,9	125,4	34,8
P19	588	-1,5	-4,7	4,8	1,9	25,1	3,8	30,8	9,4	25,1	0,0
P20	154	-2,6	-12,7	27,2	5,8	20,4	3,8	25,0	9,7	100,3	0,0
P21	245	-3,7	-20,0	73,6	10,7	38,8	5,4	34,6	44,2	270,7	0,0
P22	574	-2,9	-15,5	44,8	7,8	16,1	4,2	17,3	3,4	185,5	0,0
P23	303	-2,8	-14,4	46,4	6,8	26,7	4,2	25,0	16,9	175,5	13,0
P24	380	-3,1	-13,8	27,2	2,9	12,8	2,9	13,5	9,9	85,2	6,9
P25	203	-2,4	-9,8	28,8	2,9	36,9	3,3	50,1	3,6	95,3	0,0
P26	310	----	-----	41,6	6,8	86,7	3,9	103,9	26,6	145,4	43,9
P27	810	-2,9	-13,2	35,2	5,8	77,9	10,3	101,1	21,4	125,4	7,4
P28	2700	-3,5	-16,9	84	73	351	10,3	688	84,0	225,6	0,33
P29	3170	-4,3	-22,5	92	100	395	7,8	852	82,4	225,6	0,65
P30	2190	-3,4	-14,6	48	63	320	6,3	543,9	55,7	213,1	0,65
P31	7740	-3,0	-12,0	204	238	1156	12,9	2387	166	338,5	1,50
P32	3660	-4,2	-22,3	80	95	555	23,6	1016	30,0	275,8	0,00
P33	1760	-3,7	-15,2	48	44	95	7,8	404,3	26,2	175,5	0,98
P34	4070	-4,6	-20,1	108	134	571	10,8	1117	25,9	351,0	0,33
P35	580	-4,0	-18,0	10	5	107	4,0	84,71	59,6	115,3	2,60
P36	7010	-3,0	-12,5	200	245	915	21,3	2099	123	338,5	17,00
P37	2200	-3,7	-15,4	32	39	274	9,6	433,2	33,0	263,3	0,00
P38	2450	-4,1	-23,8	28	37	453	6,6	481,3	124	463,8	5,50
P39	1630	-3,0	-11,5	16	32	300	3,7	192,5	202	338,5	15,00

Tabela 2. Medidas de parâmetros físico-químicos e isotópicos de águas subterrâneas das áreas, costa e interior, no município de Caucaia-CE, coletadas em agosto de 2015.

ID	CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	δD (‰)	Concentrações em mg/L							
				Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	N-NO ₃ ⁻
Costa											
P01	838	-1,7	-2,0	60	13,37	95	8,2	114,0	26,8	208	10,0
P02	830	----	----	52	14,58	101,0	9,9	109,0	17,0	273	8,3
P03	1080	-2,3	-4,6	62	23,00	111,0	3,5	168,0	20,2	266	6,8
P04	965	-2,4	-6,4	88	15,80	80,0	7,0	121,0	43,1	187	18,0
P05	1122	-1,6	-1,9	88	18,23	94,0	8,9	140,0	30,0	230	22,0
P06	695	-3,3	-13,6	50	17,01	69,0	3,1	71,2	20,0	222	13,0
P07	533	-3,1	-12,8	42	12,15	46,9	4,1	59,3	16,2	158	6,3
P08	327	-2,9	-10,8	16	13,37	26,3	2,2	47,5	7,42	78,9	3,7
P09	517	-2,2	-4,6	34	18,23	47,3	1,9	68,8	7,42	172	6,5
P10	620	-3,3	-13,3	64	13,37	49,4	2,7	47,5	21,9	244	6,3
P11	518	-3,8	-15,9	58	8,51	33,8	4,4	42,7	15,7	222	3,3
P12	410	-3,5	-15,0	44	12,15	19,6	0,6	26,1	11,2	158	5,7
P13	908	-2,9	-10,9	60	12,15	77,0	16,0	87,8	54,0	172	33,0
P14	770	-3,1	-11,2	76	14,58	60,0	5,5	80,7	30,3	215	17,0
P15	513	-4,1	-18,1	48	9,72	43,5	0,0	54,6	21,1	179	1,5
P16	657	-3,4	-13,3	74	14,58	55,6	1,5	68,8	11,9	294	0,3
P17	776	-2,9	-9,8	84	19,44	58,6	3,5	73,5	42,7	294	0,0
P18	464	-3,6	-14,0	20	12,15	59,1	4,0	54,6	8,46	144	4,4
P19	447	-3,7	-16,7	48	7,29	31,0	0,6	33,2	10,9	201	6,8
P20	636	-3,9	-18,5	94	4,86	21,3	12,7	28,5	35,9	316	8,8
P21	289	-3,8	-15,8	30	3,65	22,0	0,0	30,8	9,96	115	2,1
P22	633	-3,7	-15,0	70	8,51	45,5	3,0	45,1	28,5	266,0	1,3
P23	364	-2,9	-10,6	54	10,94	14,0	0,6	26,1	8,38	179,0	0,0
P24	258	-3,4	-13,4	34	14,58	15,0	2,9	16,6	4,68	172,0	0,8
P25	177	-3,1	-11,7	18	4,86	11,0	1,9	11,9	5,55	64,6	0,0
P26	183	-2,9	-10,5	26	6,08	9,9	2,1	7,1	3,96	136,0	0,0
P27	381	-3,1	-11,3	26	2,43	48,0	5,0	56,9	19,5	158,0	5,8
P28	3080	-3,4	-13,3	88	68,0	430,0	7,3	702,3	54,4	215	0,16
P29	3330	-4,7	-22,9	80	97,2	500,0	4,9	844,6	45,0	258	2,11
P30	1880	-4,5	-20,6	36	58,3	287,2	2,4	436,5	28,9	201	0,00
P31	7410	-4,4	-20,6	176	219	1050	8,5	1974	73,7	287	2,60
P32	3550	-3,9	-16,9	76	87,5	533,4	18,3	882,6	19,8	273	0,00
P33	1310	-4,0	-17,4	24	26,7	170,1	3,2	246,7	13,9	201	0,49
P34	3660	-3,6	-14,4	92	117	471,2	6,7	982,2	17,0	344	0,81
P35	550	-4,1	-18,2	6,0	7,29	99,0	0,7	75,9	22,9	144	0,81
P36	6790	-2,8	-9,48	184	224	940,0	18,4	1955	66,8	373	22,10
P37	1860	-4,3	-18,8	32	38,9	310,0	6,1	441,3	19,5	215	0,00
P38	1708	-4,9	-24,5	16	21,9	330,6	1,8	261,0	47,0	588	3,42
P39	1720	-3,4	-13,1	24	36,5	292,2	1,9	270,5	59,6	359	2,44

A Figura 3 mostra diferentes faixas de condutividade elétrica (CE) nas duas áreas e variação entre coletas. Na costa, CE variou de 150 a 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, e no interior, de 550 a 7500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, indicando diferentes processos de salinização nas duas áreas em estudo, com águas mais salinas no interior onde as amostras tinham CE acima de 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, com exceção das coletadas nos poços P33, em agosto de 2015, e P35, nas duas coletas. Observa-se na Tabela 1 que em 12 dos 27 pontos de amostragem as águas estavam mais salinas em março de 2014.

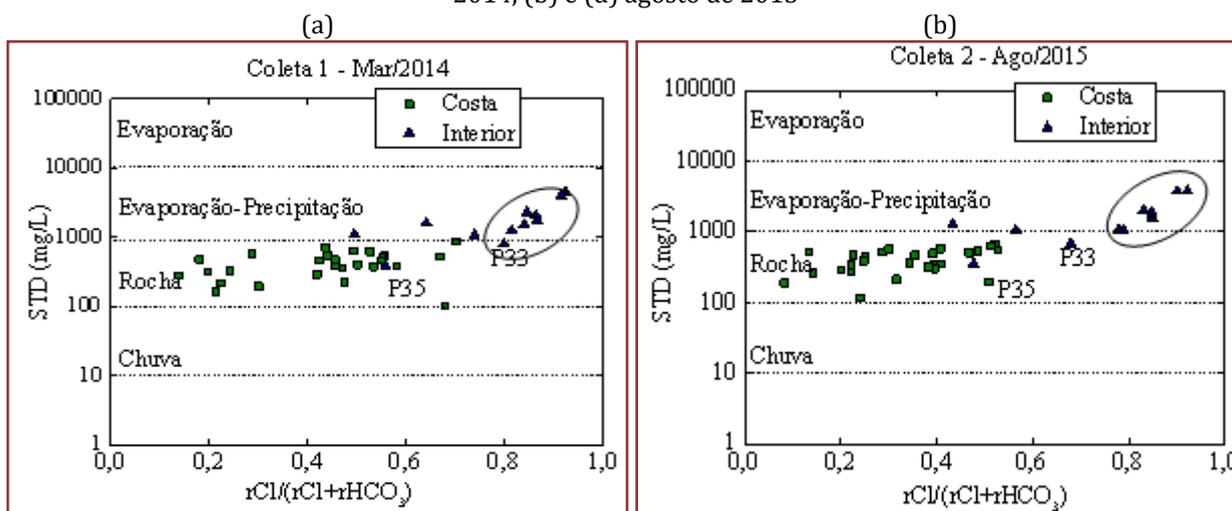
Figura 3. Condutividade Elétrica dos 39 poços amostrados, nas duas coletas.

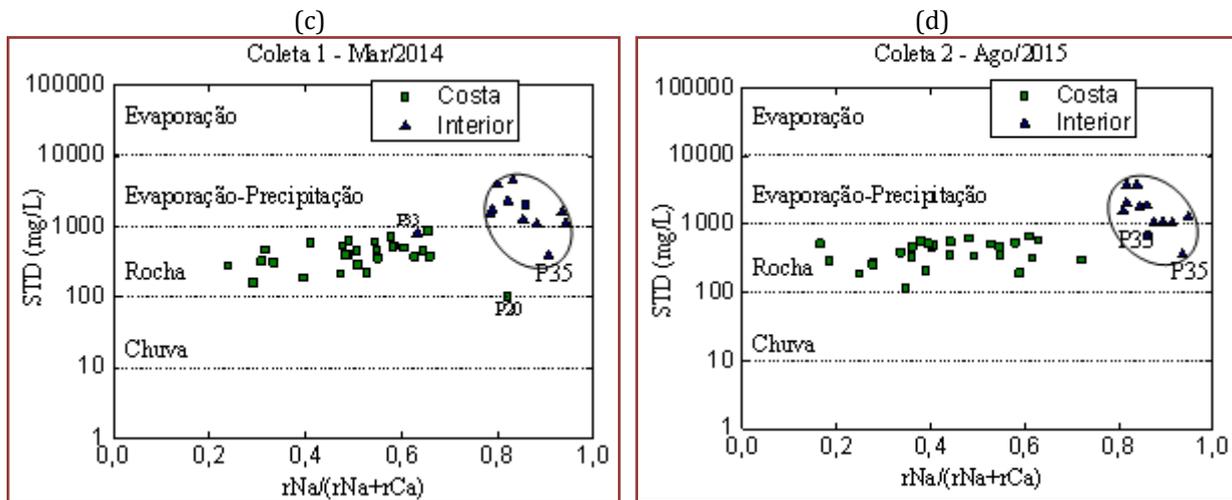


Os diagramas de Gibbs mostram nas duas coletas, diferentes domínios das águas nas duas áreas, costa e interior. As do litoral estão no domínio das rochas, do intemperismo por processos geoquímicos e as águas no interior no domínio dos processos evaporação precipitação. Na evaporação, a salinidade, expressa na Figura 4 como Sólidos Totais Dissolvidos, aumenta mantendo a relação com os cloretos os mais solúveis. A condição de STD acima de 1000 mg/L favorece a precipitação de carbonatos, aumentando as razões $rCl/(rCl + rHCO_3)$ e $rNa/(rNa+rCa)$.

Na coleta 1, o poço P20 tinha a menor condutividade elétrica se diferenciando dos demais do litoral; na Figura 4c encontra-se na linha entre os domínios de rocha e chuva, sugerindo maior contribuição de águas de chuvas. No interior, onde o processo dominante é evaporação-precipitação, as exceções são os poços P33 e P35; eles são os únicos com valores de STD menores do que 1000 mg/L; eles estão localizados no domínio de interação com as rochas. Na maioria das amostras, as relações sódio/cálcio e cloreto/bicarbonato são maiores no interior do que na costa.

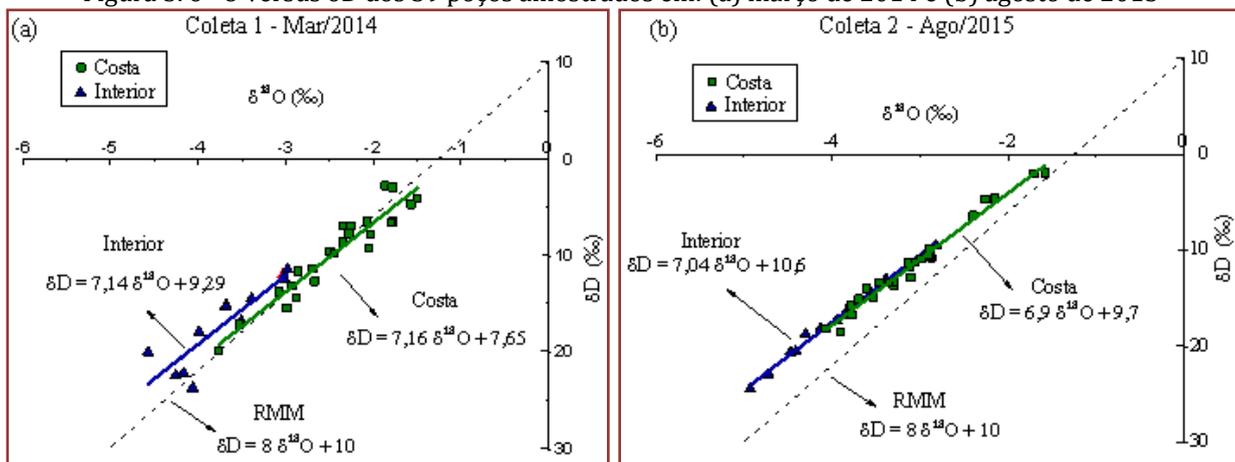
Figura 4. Diagramas aniônicos e catiônicos de Gibbs para os 39 poços amostrados em: (a) e (c) março de 2014, (b) e (d) agosto de 2015





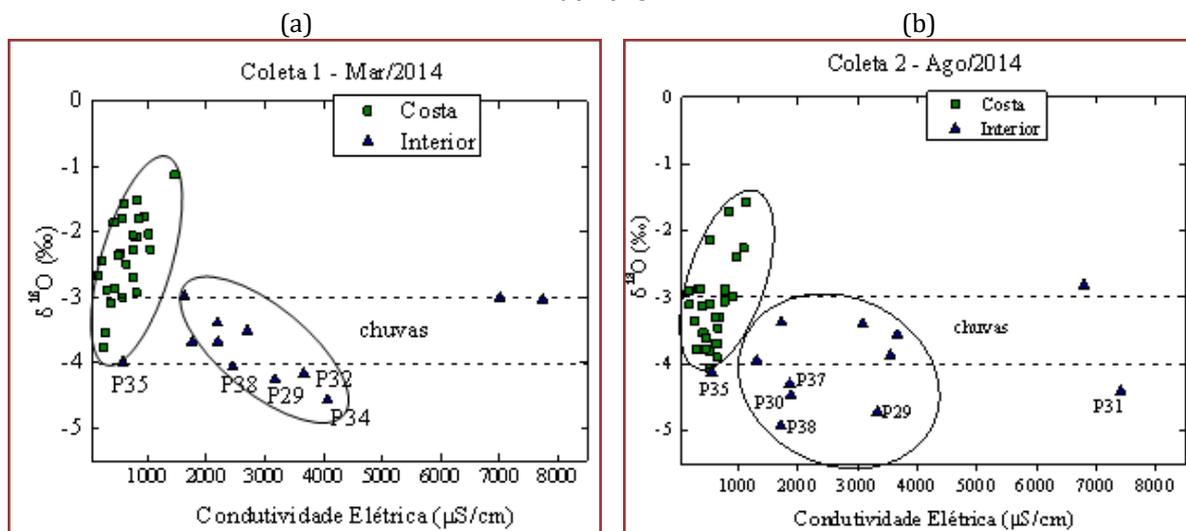
O gráfico de $\delta^{18}\text{O}$ versus δD com dados da coleta 1 (Figura 5a), fornece as retas $\delta\text{D} = 7,16 \delta^{18}\text{O} + 7,65$, na costa, e $\delta\text{D} = 7,14\delta^{18}\text{O} + 9,29$, no interior. Com os dados da coleta 2 (Figura 5b), as retas são $\delta\text{D} = 6,9 \delta^{18}\text{O} + 9,7$, na costa, e $\delta\text{D} = 7,04 \delta^{18}\text{O} + 10,6$, no interior. A comparação entre essas retas e a reta meteórica mundial (RMM) $\delta\text{D} = 8 \delta^{18}\text{O} + 10$ (CRAIG, 1961) indica águas evaporadas, e que o processo de evaporação é mais intenso no final do período chuvoso (coleta 2), tanto no interior como na costa, e que a recarga é feita diretamente pelas chuvas sem contribuição de reservas superficiais.

Figura 5. $\delta^{18}\text{O}$ versus δD dos 39 poços amostrados em: (a) março de 2014 e (b) agosto de 2015



Os gráficos de $\delta^{18}\text{O}$ versus condutividade elétrica, com dados das duas coletas, (Figura 6), mostram que os valores de oxigênio-18 são relacionados com a Condutividade Elétrica nas duas áreas. Na costa, quando a condutividade elétrica aumenta $\delta^{18}\text{O}$ aumenta, indicando processo de evaporação durante a infiltração da recarga, facilitada pela predominância dos sedimentos do aquífero livre. No interior as águas mais salinas têm valores de $\delta^{18}\text{O}$ mais baixos indicando a recarga com chuvas mais intensas. No interior, amostras com $\delta^{18}\text{O} < -4 \text{‰}$, sugerem: i) recarga com chuvas intensas, ocasionando fracionamento isotópico por efeito quantidade; ou ii) a presença de paleoáguas (GEYH et al., 1991). O excesso de deutério de 10,54 ‰ nas águas das duas coletas na costa difere do valor nas águas das duas coletas no interior que é de 12,84 ‰; diferença que se deve ao efeito da umidade relativa em cada área.

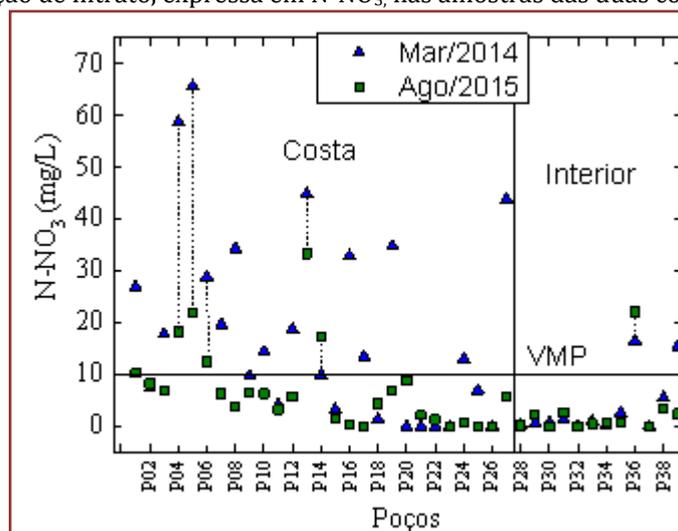
Figura 6. $\delta^{18}\text{O}$ versus condutividade elétrica dos 39 poços amostrados em: (a) março de 2014 e (b) agosto de 2015



Comparando as concentrações dos íons maiores (Tabelas 1 e 2) com valores de VMP observa-se que no interior somente uma amostra teve valor de sódio abaixo de 150 mg/L e outras duas concentração de cloretos abaixo de 250 mg/L; portanto, com relação aos íons maiores são as únicas adequadas ao consumo humano. As amostras do litoral são todas potáveis com relação à estes parâmetros.

No entanto, quanto à concentração de nitrato, expressa em N-NO_3 (Figura 7) das amostras do litoral, 20 tinham valores acima do permitido para águas potáveis (10 mg/L N-NO_3) explicados pela vulnerabilidade das dunas, um aquífero livre. No interior somente 3 amostras, sendo 2 do mesmo poço, tiveram concentrações maiores do que o VMP. Observa-se também o efeito da recarga, que no período chuvoso produz diluição, produzindo em alguns locais novamente valores aceitáveis. Os resultados mostram também que a contaminação é local.

Figura 7. Concentração de nitrato, expressa em N-NO_3 , nas amostras das duas coletas nas duas áreas.



5. CONCLUSÕES

A qualidade das águas subterrâneas, armazenadas no interior e na costa, difere quanto à salinidade e quanto à contaminação pela maior vulnerabilidade do aquífero livre nas dunas e pelas condições de aquífero fissural no interior. A localização no litoral e em clima semiárido favorece o aporte de cloretos e a evaporação das águas. Na costa o mecanismo de salinização é controlado pelo intemperismo das rochas,

enquanto na região do interior, deve-se a processos envolvendo evaporação-precipitação; por isso, os valores de condutividade elétrica no interior são bem mais altos do que na costa. A recarga do aquífero no interior ocorre com as chuvas mais intensas. Como as duas áreas estão nas mesmas condições climáticas, o tipo de aquífero, sedimentar ou fraturado controla a qualidade das águas armazenadas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Prof. José de Araújo Nogueira Neto pela forte colaboração no financiamento para aquisição do Espectrômetro de Absorção a Laser.

REFERÊNCIAS

- [1] Aguiar, R. B.; Santiago, M.M.F; Mendes Filho, J.; Frischkorn, H. A origem dos sais nas águas subterrâneas dos aquíferos costeiros no município de Caucaia-Ceará. *Joint World Congress on Groundwater*, v.1. p. 1-14, 2000.
- [2] Apha, *Standard Methods for the examination of water and wastewater*, 18.ed. AWWA-WPCP, 2005.
- [3] Bear, D., Paul, J., Gupta, M., E O'keefe, A. Sensitive absorption measurements in the near-infrared region using off-axis integrated-cavity-output-spectroscopy, *Appl. Phys. B-LasersO.*, 75, 261–265, 2002.
- [4] Busch K.W. E Busch M.A."Cavity ring-down spectroscopy: An ultratrace absorption measurement technique. *ACS Symposium Series 720*, Oxford, 1997.
- [5] Carol, E.S.; Kruse, E.E. Hydrochemical characterization of the water resources in the coastal environments of the outer Rio de La Plata estuary, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*, v.37, p. 113-121, 2012.
- [6] CPRM, *Atlas Digital dos Recursos Hídricos Subterrâneos do Estado do Ceará*. Serviço Geológico do Brasil, CD-ROM, 2003.
- [7] Conama (Conselho Nacional do Meio Ambiente). Resolução 396 de 03/04/2008, Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências, 11 p. 2008.
- [8] Craig, H. Standard for reporting concentrations of deuterium and oxygen-18 in natural waters. *Science*, New York, v.133, p. 1833-1834, 1961.
- [9] FUNCEME – Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. Dados de precipitação pluviométrica. Período 2013 a 2015. Disponível em: <<http://www.funceme.com.br>>. Acesso em: 10 maio de 2016.
- [10] Geyh, M.A.; Stute, M.; Frischkorn, H.; Santiago, M.M.F. Contribuição para a história climática do Nordeste do Brasil. *Bases Para O Futuro: 20 anos de Cooperação Científica e Tecnológica*, Julich, Alemanha. São Paulo: Ed. KFA, 1991.
- [11] GIBBS, R. Mechanisms controlling world water chemistry. *Science*, 170, p. 1088-1090, 1970.
- [12] Jalali, M. Salinization of groundwater in arid and semi-arid zones: an example from Tajarak, western Iran. *Environmental Geology* 52, v. 6, p. 1133-1149, 2007.
- [13] Lira, I. F. Caracterização hidroquímica das águas subterrâneas que abastecem a localidade de Boqueirão - Caucaia - CE. Dissertação (Mestrado em Geologia na Área de Hidrogeologia) - Departamento de Geologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 83 p. 2009.
- [14] Mikhlaifi, A. S.; Das, B.K., Kaur, P. Water chemistry of Mansar Lake (India): an indication of source area weathering and seasonal variability. *Environmental Geology*, v. 44, n. 6, p. 645-653, 2003.
- [15] Narany, T. S.; Ramli M. F; Aris, A. Z.; Sulaiman W. N. A; Juahi, H.; Fakharian, K. Identification of the Hydrogeochemical Processes in Groundwater Using Integrated Geochemical Methods and Geostatistical Techniques, in Amol-Babol Plain, Iran. *The Scientific World Journal*, v. 2014, 15 p. 2014.
- [16] Nóbrega, C.C.; Souza, I.M.F.; Athayde Júnior, G.B.; Gadelha, C.L.M. Impacto de um lixão desativado na qualidade das águas subterrâneas locais. I Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos Castellón, 23-24 de julio de 2008, 11p.2008.
- [17] Nur, A., Ishaku, J. M.; Yusuf, S.N. Groundwater Flow Pattern and Hydrochemical Facies Distribution Using Geographical Information System (GIS) in Damaturu, Northeast, Nigeria. *Scientific Research* 3, n. 5, p. 1096-1106, 2012a.
- [18] Nur, A., Ishaku J. M.; TAYIB, A. Spatial Distribution of Chemical Facies Using Geographical Information System (GIS) in Michika, Northeastern Nigeria. *Research Journal in Engineering and Applied Sciences*, v. 1, n. 2, p. 102-109, 2012b.

[19] Richards, R.P.; Baker, D.B.; Creamer, N.L.; Kramer, J.W.; Ewing, D.E.; Merryfield, B.J.; Wallrabenstein, L.K. well water quality, well vulnerability, and agricultural contamination in the Midwestern United States. *Journal of Environmental Quality*, v. 25, n.3, p. 389-402, 1996.

[20] Santiago, M. M. F.; Frischkorn, H.; Mendes Filho, J. Aguiar, R. B. Fatores condicionantes da qualidade das águas subterrâneas na região costeira de Caucaia, Ceará – Brasil. *Revista de Geologia*, v. 20, n. 1, p. 23-32, 2007.

[21] Skrzypek, G.; Ford, D. Stable Isotope Analysis of Saline Water Samples on a Cavity Ring-Down Spectroscopy Instrument. *Environmental Science & Technology* 48, p. 2827–2834, 2014.

Stallard, R. F.; Edmond, J.M. Precipitation chemistry and the marine contribution to the dissolved load at the time of peak discharge. *Journal of Geophysical Research*, 86, v. 10, p. 9844-9858, 1981.

Capítulo 19

Análise da qualidade da água do Açude Epitácio Pessoa no Município de Boqueirão – PB

Julyanna Damasceno Pessoa

Bruna da Silveira Guimarães

Josevania Rodrigues Jovelino

Kamila Freitas Porto

Kepler Borges França

Resumo: Em decorrência da degradação dos recursos hídricos e da crescente preocupação com microrganismos específicos na água, a utilização de membranas cerâmicas para separação de materiais contaminantes, passa a ser uma opção de tratamento para a produção de água potável, devido a motivos como, por exemplo, sua resistência ao ataque de produtos químicos, requerer uma menor área de construção do equipamento, maior economia de energia, dentre outros. O presente trabalho objetivou estudar o desempenho de um sistema composto por membrana cerâmica tubular de microfiltração para tratamento de água de qualidade inferior. As membranas utilizadas nesse trabalho são do tipo α -alumina (α -Al₂O₃), tamanho nominal de poro de aproximadamente 0,8 μ m, produzidas pelo Laboratório de Membranas Cerâmicas (LABCEM) do Laboratório de Referência em Dessalinização (LABDES) na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). O sistema foi avaliado em teste de presença / ausência e contagem bacteriológicas na água da alimentação e permeado para o sistema nas pressões de operação 0,5; 1,0; 2,0 e 3,0 bar no sistema de membrana cerâmica. A membrana cerâmica removeu completamente os Coliformes totais e fecais (*Escherichia coli*) da água. O sistema híbrido mostrou-se eficiente na remoção de microrganismos e produziu água tratada de boa qualidade quanto aos parâmetros bacteriológicos nas águas de qualidade inferior, com baixo consumo energético.

Palavras-chave: Membrana cerâmica. Microfiltração. *Escherichia coli*. Coliformes Totais.

1 INTRODUÇÃO

A água subterrânea é considerada uma fonte imprescindível de abastecimento para o consumo humano, principalmente para populações que não têm acesso à rede pública de abastecimento ou mesmo para aqueles que tendo acesso, têm o fornecimento irregular. Suas fontes de contaminação estão, em geral, associadas a despejos domésticos, industriais e ao chorume oriundo de aterros de resíduos sólidos, que quando dispostos de forma inadequada podem poluir e contaminar os lençóis freáticos com microrganismos patogênicos (FREITAS et al., 2001).

A Portaria Nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde estabelece que sejam determinados, na água, para aferição de sua potabilidade, a presença de coliformes totais e termotolerantes de preferência *Escherichia coli* e a contagem de bactérias heterotróficas. A mesma portaria recomenda que a contagem padrão de bactérias não deve exceder a 500 UFC/mL de amostra, tal como não tolerar em nenhuma amostra de água tratada a presença de coliformes termotolerantes e admitir a presença de coliformes totais em algumas situações no sistema de distribuição.

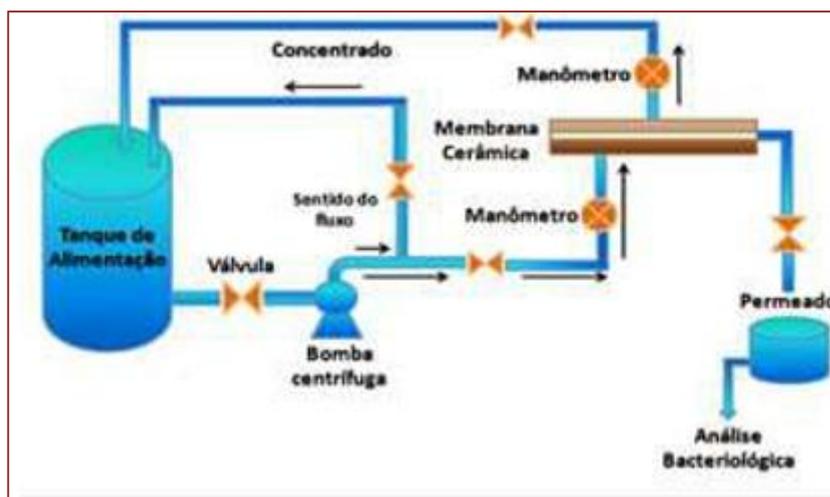
Estudos foram realizados por Bottino et al. (2001), com membrana cerâmica 0,2 μm , nos quais foram avaliados a remoção de partículas, microrganismos, algas e precursores dos produtos de desinfecção. A remoção de coliformes totais e fecais foi de 100 % e para a maioria das algas estudadas a remoção foi total.

O objetivo deste trabalho foi analisar a qualidade do permeado em termos bacteriológicos, no desempenho da membrana cerâmica sem resina.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O Sistema abaixo apresenta uma alimentação com água sintética internamente no início da membrana cerâmica. A saída do concentrado se encontra no final da membrana cerâmica no lado oposto, induzindo a água percorrer toda a membrana de forma tangencial provocando o arraste das partículas próximas a superfície interna da membrana. As correntes do concentrado e permeado voltam ao taque de alimentação como mostra a Figura 1. Análises como contagem bacteriológica e presença/ausência de bactérias foram feitas no permeado obtido depois de duas horas de permeação.

Figura 1 - Tratamento de água com membrana cerâmica



Fonte: Autora (2019)

A limpeza química da membrana foi realizada da seguinte forma: as membranas ficaram imersas durante 24h em uma solução de NaOH (pH = 10); em seguida, foram lavadas com água deionizada para remover todo NaOH; após, foram imersas por 24h em uma solução de HCl (pH = 3); por fim, foram lavadas com água deionizada para remover todo HCl; as membranas foram colocadas em estufa por mais ou menos 1h a 60°C.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As Tabelas 1 e 2 estão apresentando valores referentes às análises quantitativas das bactérias do grupo coliforme: Coliformes Totais e *Escherichia coli*, respectivamente.

Tabela 1 – Análise Bacteriológica Quantitativa e Qualitativa de Coliformes Totais realizadas em duplicata para a água sintética da alimentação e do permeado.

P (bar)	Coliformes Totais	
	Alimentação	Permeado
0,5	0,372 x 10 ³	0
1	0,914 x 10 ³	0
2	0,235 x 10 ³	0
3	0,043 x 10 ³	0

Tabela 2 – Análise Bacteriológica Quantitativa e Qualitativa de *Escherichia coli* realizadas em duplicata para a água sintética da alimentação e do permeado.

P (bar)	<i>Escherichia coli</i>	
	Alimentação	Permeado
0,5	0,245 x 10 ³	0
1	0,198 x 10 ³	0
2	0,063 x 10 ³	0
3	0,031 x 10 ³	0

Quanto maior o índice de presença de coliformes, mais a água (ou o alimento), estão contaminados, logo se observa nas Tabelas 1 e 2 a remoção completa dos Coliformes Totais e *Escherichia coli*. Observa-se que uma membrana cerâmica de microfiltração pode ser utilizada para descontaminar águas contendo bactérias nocivas à saúde, tornando-as dentro dos padrões de potabilidade previstos pela PORTARIA Nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde.

4 CONCLUSÃO

O sistema híbrido apresentou ótima eficiência em relação à remoção dos parâmetros bacteriológicos da água, tornando-a apta a reutilização e até ao consumo, removendo completamente bactérias nocivas à saúde humana, como *Escherichia coli* e as bactérias do grupo Coliformes Totais.

REFERÊNCIAS

- [1] Freitas, M. B.; Brilhante, O. M.; Almeida, L. M. Importância da análise de água para a saúde pública em duas regiões do estado do Rio de Janeiro: enfoque para coliformes fecais, nitrato e alumínio. Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, v.17, p. 651-660, 2001.
- [2] Bottino, A.; Capannelli, C.; Del Borghi, A. Water treatment for drinking purpose: ceramic microfiltration application, Desalination, v. 141, p. 75-79, 2001.

Capítulo 20

A questão dos recursos hídricos e Mangá: Uma análise do volume Nº 01 da obra Planetes, de Makoto Yukimura

Israel Chaves Santos

Danilo Mercês Freitas

Resumo: As condições à vida no planeta não seriam possíveis sem água. Por esse motivo é preciso disseminar informações sobre o uso inteligente da gota d'água disponível e incitar a reflexão crítica do indivíduo sobre seu papel na relação homem- recursos hídricos, a fim de combater a escassez hídrica. O gênero de histórias em quadrinho conhecido como mangá, apresenta-se como ferramenta útil nessa empreitada. A presente pesquisa, de caráter exploratório, qualitativo e bibliográfico, analisou criticamente o volume nº 01 do mangá Planetes, de Makoto Yukimura destacando a relação homem e recursos hídricos. Percebe-se que por meio da notável expansão e conquista espacial experimentada no mundo desenhado pelo autor, a série apresenta as características que definem a relação homem – recursos naturais daquele contexto. O desajuste na relação homem-água é evidente no cenário antevisto pelo autor, situação não distante da realidade brasileira atual conforme viu-se no recente episódio de estresse hídrico protagonizado pelo estado de São Paulo entre 2013-2015. Logo, é possível estabelecer um diálogo entre o mangá Planetes e a questão dos recursos hídricos, especialmente tratando-se dos desdobramentos dessa relação dentro do contexto nacional.

Palavras-chave: água; recursos-hídricos; mangá; planetes.

1. INTRODUÇÃO

1.1 IMPORTÂNCIA DA ÁGUA

A temática da água dialoga com diversos atores em muitas épocas e lugares e perpassa diferentes campos do saber. Essa ampla presença deve-se ao seu caráter uterino, uma vez que a água é fonte criadora e mantenedora da vida.

Pode-se verificar a veracidade de tal afirmação a partir de um simples olhar sobre a composição da Terra. De acordo com Branco (2003), “[...] cerca de 1,4 bilhão de quilômetros cúbicos de água preenchem os espaços vazios da crosta terrestre, além de cobrir três quartos da superfície e fazer parte da atmosfera, na forma de vapor” (p. 16), em outras palavras, no planeta Terra existe muita água, disposta nas suas diversas formas e em inúmeros lugares, seja suspensa no ar, depositada em sua superfície e até mesmo em grandes reservas subterrâneas. Esse volume imenso de água não apenas compõe grande parcela da estrutura terrestre como também participa ativamente da dissolução do gás carbônico presente em sua atmosfera e contribui decisivamente ao seu resfriamento proporcionando condições adequadas de sobrevivência às formas de vida, conforme afirma o mesmo autor. Além disso, é importante pontuar que a estrutura celular de todo ser vivo é constituída de água, via por meio da qual ocorrem as trocas intra e extracelulares. Branco (2003) contribui com a discussão ao destacar que

[...] as substâncias químicas absorvidas do meio, especialmente os sais minerais devem estar na forma de soluções aquosas para atravessar as membranas celulares; a excreção de produtos tóxicos exige água; o transporte interno dos alimentos pela seiva ou sangue, é feito por via hídrica [...] (p. 12)

A partir desse farto leque de dados somos conduzidos à seguinte conclusão: água e vida são indissociáveis.

No entanto, segundo Rebouças (2004), estranhamente, a água permanece no campo do desconhecido para muitos dos seus usuários que a utilizam dispensando muitas reflexões. Dentre as várias razões que poderiam explicar tal comportamento pode-se mencionar a abundância da gota d’água disponível em dada localidade, nesse sentido, a riqueza hídrica nutre o senso equivocado a respeito da suposta perenidade da água. Isso significa que as condições naturais contribuem à construção da relação entre o homem e a água, quer seja uma relação inteligente, do ponto de vista do gerenciamento hídrico ambientalmente adequado ou não.

Nesse sentido, a manutenção da vida na Terra depende da preservação dos recursos aquáticos, por isso, qualquer ação que põe em risco a saúde dos corpos hídricos resulta em prejuízos a todos os organismos. Dessa forma, é indispensável repensar a relação homem e água.

1.2 POLUIÇÃO HÍDRICA

Essa relação quando causa qualquer alteração indesejada a determinado corpo hídrico dá nome ao que conhecemos como poluição hídrica, conceito que de acordo com Braga (2005) entende-se como sendo a “[...] alteração de suas características por quaisquer ações ou interferências, sejam elas naturais ou provocadas pelo homem. Essas alterações podem produzir impactos estéticos, fisiológicos ou ecológicos” (p. 82). Ou seja, mudanças de coloração, gosto e composição química da água estão dentro do conceito de poluição aquática.

Logo, poluição hídrica está conectada ao uso inteligente - ou não - dos recursos aquáticos, e tal manipulação liga-se, de acordo com Rebouças (2004), ao conjunto de informações sobre o tema que são transmitidos (ou não) às pessoas. Ele defende a ideia de que a luta contra a escassez hídrica só pode obter êxito por meio da disseminação permanente de informações sobre o uso inteligente da gota d’água disponível, fora disso, toda ação é paliativa. Nesse sentido, formas de comunicar às pessoas sobre a importância da água, sua natureza e os resultados de um uso inconsequente, alertando-as sobre os perigos desse proceder desajustado e educando-as rumo à uma atitude mais reflexiva são bem-vindas. Eventos como o estresse hídrico que castigou parte do estado de São Paulo entre 2013 e 2015 serão cada vez mais frequentes caso nenhuma ação seja tomada no sentido de alterar o desajuste na relação homem-água.

Dentre tantas ferramentas possíveis para esse exercício, há um gênero textual, chamado mangá, que apresenta grande potencial em comunicar-se com diversos públicos (o alto grau de popularidade é prova disso), por isso, poderia ser um grande parceiro nessa empreitada. Existe ainda, imersa entre um número

infindável de mangás já publicados, a série Planetes, dividida em quatro volumes, que apresenta uma trama cujo conteúdo dialoga com a temática dos recursos hídricos. Portanto, este presente trabalho almeja destacar o tema água trabalhado no volume nº 01 da série de mangás Planetes de Makoto Yukimura. Busca-se a partir disso extrair conhecimentos sobre o tema a partir do diálogo com a obra e ainda destacar o contexto atual brasileiro homem- recursos hídricos.

1.3 MANGÁ: O QUADRINHO JAPONÊS

Os mangás são as histórias em quadrinhos originárias do Japão, fazem grande sucesso em sua terra natal e também em várias partes do mundo graças a sua capacidade em dialogar com seu grande público, composto por pessoas das mais diversas faixas etárias, capturando em suas páginas a variedade de emoções inerentes ao ser humano.

Os quadrinhos japoneses contam com algumas características que os distinguem dos gibis ocidentais, a começar pela ordem de leitura que segue o sentido inverso da rota de leitura comum no Brasil, isso significa que os quadros são lidos da direita para a esquerda e de cima para baixo, além disso, um mangá deve ser lido de trás para frente, a partir do que para os ocidentais é comumente a costa do quadrinho.

Ainda sobre os traços desse gênero, é importante mencionar que as histórias japonesas são majoritariamente impressas em preto e branco, contando com um número bastante reduzido de páginas coloridas.

Sobre os heróis das histórias japonesas, Luyten (2012) afirma que são “[...] concebidos a partir do mundo real, nos quais as pessoas podem encontrar [...] uma espécie de miniatura de suas vidas [...]” (p. 30). Isso explica, em parte, o grande sucesso do mangá, pois é capaz de dialogar e entreter crianças, jovens e adultos. Tal capacidade de transmissão e troca de ideias pode tornar-se uma ferramenta muito útil se bem explorada.

1.4 A OBRA PLANETES, DE MAKOTO YUKIMURA

O autor de Planetes, Makoto Yukimura, é de nacionalidade japonesa, tem 42 anos de idade e é também autor da obra Vinland Saga, cujo foco repousa e constrói-se a partir da cultura Viking. O mangá Planetes foi lançado inicialmente no Japão, serializado na revista semanal Weekly Morning, pela editora kodansha, entre 1999 e 2004. No ano de 2003, ganhou uma versão em animé contando com 26 episódios, no total. Somente em maio de 2015 a obra foi traduzida e lançada no Brasil, em português, pela editora Panini, recebendo críticas positivas do público no país. Os sites “Chuva de nanquim” e “Terra Zero” lançaram muitos elogios à série destacando a riqueza do mundo criado pelo autor e seus personagens⁴.

O tema central dessa história é o aumento da quantidade de lixo gerado no espaço, resultado da crescente atividade exploratória do homem fora da Terra, e as implicações de tal problema. É interessante mencionar que essa problemática é apresentada pelo viés dos lixeiros espaciais, categoria de astronautas que surge a partir da necessidade de lidar com a chamada poluição espacial, conferindo uma perspectiva única à trama.

A questão da geração de lixo espacial não se isola em si mesma no mangá, pelo contrário, torna possível uma reflexão mais ampla sobre a relação homem-meio ambiente e seus desdobramentos. O autor, ao mesmo tempo em que apresenta o grande desenvolvimento científico e tecnológico alcançado pela humanidade (em 2068, data de início da história, o transporte aéreo, por exemplo, é feito em aeronaves espaciais que viajam acima da atmosfera terrestre), expõe de forma inteligente o custo de tamanho avanço, além disso, esboça o homem da segunda metade do século XXI e projeta o estado vindouro dessa relação. Dessa forma, a obra Planetes nos leva a vislumbrar um possível futuro e nos aproxima de um cenário duro desenhado pelo autor, dessa forma, o enredo é provocativo.

O contexto apresentado no mangá é de um planeta Terra cujos recursos naturais experimentam esgotamento, resultado do uso inconsequente e desvinculado do gerenciamento ambiental adequado. Desse modo, tal exaurimento de bens naturais impulsiona a busca por novos reservatórios. Segundo o mangá, a exaustão do petróleo terrestre é um dos eventos chave a ampliação da corrida por fontes

⁴ <http://www.terrazero.com.br/2015/09/resenha-planetes-volume-1/>
<https://www.chuvadenanquim.com.br/2015/07/review-planetes-de-makoto-yukimura-volume-1/>

energéticas fora da Terra, além disso, a partir da cessação dessa substância, os olhos dos governos voltam-se para as possibilidades de extração em outras "Terras".

Percebe-se que as características do mundo futurístico desenhado pelo autor trazem à tona questões como: exploração de recursos não renováveis e suas implicações a longo prazo, produção e gerenciamento do lixo e obstáculos e possibilidades na utilização de energias renováveis. Vale destacar que estes são alguns dentre os vários pontos passíveis de discussão em Planetes.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

Analisar a temática dos recursos hídricos no mangá Planetes e destacar os diálogos possíveis entre o volume 01 da obra e o tema relação homem- água e seus desdobramentos.

2.2 ESPECÍFICOS

Apresentar o gênero textual “mangá”, analisar a temática da água na obra Planetes, destacar e analisar os excertos do volume nº 01 do mangá Planetes que dialogam com a problemática dos recursos hídricos e contextualizar a relação homem-recursos hídricos à realidade brasileira atual.

3.MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa apresenta caráter exploratório, qualitativo e bibliográfico e busca analisar a obra Planetes, volume nº 01, de Makoto Yukimura destacando a relação homem e recursos hídricos pontuada pelo autor na construção do enredo do quadrinho.

A leitura e análise do mangá ocorreu utilizando-se a versão impressa do primeiro volume da série Planetes que conta com quatro números no total, cada um deles subdividido em *phases*, pequenos capítulos que compõe cada volume. As *phases* 01 e 02 do primeiro volume receberam destaque na análise, pois apresentam de modo mais perceptível a relação homem e meio ambiente, especialmente a *phase* 02.

4.RESULTADOS E DISCUSSÃO

A primeira *phase* da série, intitulada “Céu de detritos e estrelas” inaugura o mangá indicando algo incomum: as estrelas, agora, dividem espaço com detritos espaciais, que crescem a cada dia. Esse título nos dá indícios da realidade projetada pelo autor: avanço na conquista espacial e descontrole da relação homem e meio ambiente. Não bastasse o meio ambiente terrestre já comprometido, a humanidade mostrou-se capaz de estender seus rastros para além das fronteiras da Terra. Embora o autor não se detenha nas condições do ecossistema terrestre é possível sugerir algumas informações a partir do que se sabe sobre a exploração espacial descrita no enredo e o que a impulsionou.

Ao folhear as primeiras páginas fica evidente o grande *BOOM* que o mundo experimenta no campo aeroespacial, nesse momento as aeronaves evoluíram a ponto de permitir viagens a altitudes muito acima das que conhecemos atualmente, (Figura 1) fazendo disparar o fluxo de mercadorias e pessoas dentro e fora das fronteiras nacionais. Esse salto não apenas proporcionou o aumento das trocas internacionais como também lançou o homem mais distante em seu anseio por descobrir e explorar. Vale mencionar que, em Planetes, tal impulso envolve um sério esgotamento de recursos terrestres, que é resultado de uma extensa relação homem-recursos desajeitada. Nesse cenário, o petróleo está no topo da lista de itens em falta e seu exaurimento é, sem dúvida, um dos grandes responsáveis, senão o maior deles, pela exploração e conquista espacial retratada na história.

Figura 1: Diálogo entre Yuri e sua esposa no avião comercial de alta altitude Alnail - 8.



Fonte: YUKIMURA, 2015. volume 01. p. 03

O capítulo de abertura concentra-se na rotina de trabalho dos lixeiros espaciais, cuja função é manter os arredores da atmosfera terrestre livre de detritos oriundos da atividade humana, mais especificamente no trabalho da tripulação da nave recolhedora de detritos espaciais DS 12, a “Toilbox”, cuja capitã é a norte americana Fee Carmichael, contando ainda com Tanabe, jovem recém admitida na função de lixeira espacial, sua aparição ocorre no segundo volume da série, e os astronautas Yuri e Hachimaki, de nacionalidade russa e japonesa respectivamente, conforme se verifica na Figura 2, a seguir.

Figura 2: Hachimaki, Fee, Yuri - da esquerda à direita - e Tanabe, ao centro.



Fonte: YUKIMURA, 2015. volume 03. p. 190

Nesse contexto, o avanço científico é evidenciado através da presença sólida do homem na lua, colonizando-a por meio da instalação de várias “bases” em sua superfície, são hospitais, aeroportos espaciais e instituições de pesquisa, todas essas construções compõem verdadeiras cidades que conferem ao homem estada e permanência cada vez mais longa fora da atmosfera terrestre. Em contrapartida, tal conquista é acompanhada por uma geração crescente de lixo espacial, fenômeno semelhante ao que ocorreu na Terra. Isso nos leva a pensar que o autor replica na experiência da conquista espacial a mesma história cujo palco anterior foi o ecossistema terrestre.

Dessa forma, a *phase* dois, cujo título é “A garota extraterrestre” não nos deixa dúvidas sobre a saída definitiva do homem rumo à outras Terras. Esse capítulo inicia-se com Hachimaki se acidentando durante uma atividade do trabalho, ele quebra a perna e é encaminhado ao hospital espacial onde conhece uma “jovem” chamada “nono”. Ela é uma *lunarian* (pessoa nascida na lua) e nunca conheceu a Terra. Na ocasião, ela aproveita para perguntar sobre o mar da Terra na esperança de ouvir mais detalhes de alguém que já o viu pessoalmente, porém, o astronauta parece não muito familiarizado com o tema e demonstra dificuldades em descrever o mar terrestre. A conversa resiste e segue com o trágico diagnóstico feito por Hachimaki, (Figura 3) sobre a qualidade dos mares:

Figura 3: Diálogo entre Hachimaki e Nono.



Fonte: YUKIMURA, 2015. volume 01. p. 63

A partir dessa descrição é possível presumir os antecedentes da relação entre o homem e a água. Nota-se que a falência dos mares, expressa nas palavras do astronauta, sinaliza pouco engajamento na preservação dos recursos hídricos e uma agenda política que não priorizou a proteção e uso ambientalmente correto dos corpos d’água, mas preferiu seu uso indiscreto, presumidamente mais rentável.

O colapso do meio aquático, pintado pelo autor, é também um convite a rememorar acordos antigos, cujo teor tenha definido ações em direção aos recursos hídricos, trazendo-os à tona a fim de acompanhá-los e cobrar seu cumprimento, de outro modo, o não comprometimento com o manejo ambientalmente correto dos recursos hídricos poderá redundar na concretização do contexto imaginado em Planetes, cenário não tão distante da realidade brasileira, como ficou comprovado após o recente estresse hídrico protagonizado pelo estado de São Paulo.

À semelhança do ocorrido na história do mangá, uma combinação de fatores resultando na destruição em larga escala dos mares do planeta Terra, o Sudeste brasileiro, mais especificamente a região da macrometrópole paulista, experimentou grave crise na gestão de água entre 2013 e 2015. Esse episódio nevrálgico, de acordo com Buckeridge e Ribeiro (2018), resultou da ação conjunta de alguns fatores, dentre eles: a desvalorização, por parte dos governos municipais e estaduais, do conhecimento científico disponível para fins de auxílio na tomada de decisões, o aumento do consumo de água na região durante o último século, a falta de transparência sobre a condição dos reservatórios responsáveis por suprir a demanda local, o desmatamento no anel de florestas periurbano paulista e a redução das chuvas. Juntos, tais fatores, impulsionaram a vulnerabilidade hídrica que já caracteriza as bacias da região e tornaram

possível o quadro crítico de abastecimento que castigou a macrometrópole paulista. É importante destacar, segundo Jacobi, Cibim e Leão (2015), que a crise relaciona-se intimamente com a gestão da água e os vários atores e entidades que participam desse processo, cujas ações - ou cuja omissão - não podem ser ignoradas. Os autores reforçam essa visão ao afirmar que:

Desde o final de 2013, os níveis dos reservatórios da RMSP (Região Metropolitana de São Paulo) vêm caindo [...] também em razão da morosidade da concessionária Sabesp, que tem o direito de uso da água concedido por meio de outorga, e do governo do estado de São Paulo em tomar medidas nos anos anteriores que evitassem que uma situação grave se instalasse no maior conglomerado do país. 2015.(p 29-30)

A chamada macrometrópole de São Paulo é um conglomerado de metrópoles do estado que juntas representam 174 municípios e em 2017 concentrava 74,6% da população paulista (EMPLASA). É possível visualizar com mais clareza, após esses números, o enorme alcance da crise da água no estado. Vale mencionar, dentre suas consequências: diminuição da produção em certas indústrias, promoção de conflitos pelo uso da água e o não abastecimento em alguns municípios. O episódio é um alerta aos demais estados brasileiros, pois, embora seja o país abundante em recursos hídricos, não está isento dos malefícios resultantes do uso indiferente da água.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Fica evidente que é possível estabelecer diálogo entre o volume nº 01, *phases* 01 e 02 da obra Planetes, e questões importantes que dizem respeito ao meio ambiente, especialmente a água, e a partir disso incitar a reflexão crítica do indivíduo sobre o seu papel dentro da relação homem - recursos naturais. Apesar da presença limitada de diálogos no quadrinho tratando explicitamente do tema água, foi possível inferir as características do binômio homem- água no contexto imaginado pelo autor por meio de outros fragmentos espalhados ao longo do volume analisado. Sugere-se a outros pesquisadores debruçar-se sobre o uso da série com fins de avaliação, análise e confrontamento da realidade da questão hídrica brasileira e aprofundar estudos sobre o uso do mangá Planetes como ferramenta de educação ambiental no ensino básico e superior.

REFERÊNCIAS

- [1] Braga, B. et al. Introdução a Engenharia Ambiental: o desafio do desenvolvimento sustentável: 2ª ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.
- [2] Branco, S. M. Água: origem, uso e preservação: 2ª ed. Moderna, 2003.
- [3] Buckeridge, M. Ribeiro, W.C. Livro branco da água. A crise hídrica na região metropolitana de São Paulo em 2013-2015: Origens, impactos e soluções. São Paulo: Instituto de Estudos Avançados, 2018. Ebook. Disponível em: <<http://www.iea.usp.br/publicacoes/ebooks/livro-branco-da-agua>>. Acesso em: 15 set. 2018.
- [4] Jacobi, P.R; Cibim, J; Leão, R.D.S. Crise hídrica na Macrometrópole Paulista e respostas da sociedade civil. Estudos avançados, São Paulo, Vol. 29, nº 84, p. 27-42, maio/agosto. 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_issuetoc&pid=0103-401420150002&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 15 set. 2018.
- [5] Luyten, S. B. Mangá: o poder dos quadrinhos japoneses: 3ª ed. São Paulo: Hedra, 2011.
- [6] Macrometrópole paulista. Disponível em: <<https://www.emplasa.sp.gov.br/MMP>>. Acesso em: 15 set. 2018.
- [7] Rebouças, A.D.C. Uso inteligente da água: 2ª ed. Escrituras, 2008.
- [8] [Resenha] Planetes, Volume 01. Disponível em: <<http://www.terrazero.com.br/2015/09/resenha-planetes-volume-1/>>. Acesso em: 15 set. 2018.
- [9] Review – Planetes, de Makoto Yukimura (Volume 01). Disponível em: <<https://www.chuvadenanquim.com.br/2015/07/review-planetes-de-makoto-yukimura-volume-1/>>. Acesso em: 15 set. 2018.
- [10] Yukimura, M. Planetes. Vol. 01: 1ª ed. Panini, 2015.
- [11] Yukimura, M. Planetes. Vol. 03: 1ª ed. Panini, 2015.

Capítulo 21

Avaliação de parâmetros físico-químicos no Rio Furo do Maguari, Região Metropolitana de Belém, Pará

Luciano André Barbosa Da Silva

Lucio Cardoso de Medeiros Filho

Paulo Sérgio Góes Reis

Juliana Cristina Nascimento

Lorena Fernanda Araújo Soares

Ivana Cristina Correa Sarmiento

Resumo: A qualidade da água é um conceito que está intimamente ligado com fenômenos naturais ou atividades antropogênicas que afetam ou alteram a composição química, física ou biológica de um corpo d'água. Esta é uma problemática que tem se intensificado devido ao crescimento da demanda por esse recurso (causado pelo aumento dos centros urbanos), mas principalmente pelos despejos incontroláveis de efluentes domésticos, industriais e agrícolas nos corpos hídricos, diminuindo a qualidade e disponibilidade deste recurso e causando cada vez mais sua escassez. Diante dessa realidade, faz-se sempre que necessário, o monitoramento desses corpos d'água através de parâmetros que podem determinar se há ou não, alterações de natureza antrópica e também como forma de prevenir possíveis contaminações. Com o intuito de avaliar a qualidade da água do rio Furo do Maguari, que margeia o distrito de Icoaraci, foram realizadas análises de parâmetros físico-químicos, sabendo-se que nas proximidades do rio existem atividades que geram efluentes nos córregos que ali desaguam. No total, quatro amostras foram coletadas em um ponto estratégico, iniciando a partir do estofo de baixa mar. Os parâmetros estudados demonstraram valores fora dos padrões, principalmente nos horários de baixa mar, evidenciando que há contribuição de esgotos domésticos nas adjacências do rio.

Palavras-chave: qualidade da água, parâmetros físico-químicos; rio Furo do Maguari.

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural insubstituível, pois constitui elemento imprescindível para o desenvolvimento de todas as formas de vida do planeta. Para a sociedade humana, a água está diretamente associada ainda à saúde e conforto das populações (Sodré, 2007). Além disso, a qualidade da água está ligada ao desenvolvimento e manutenção do conjunto de seres vivos que estão presentes nos mais diferentes ecossistemas aquáticos, por isso, qualquer alteração ou degradação dos corpos d'água, poderá trazer danos irreversíveis a estas formas de vida.

Apesar da sua importância, nas últimas décadas este precioso recurso tem sido bastante degradado devido a interferências antrópicas, decorrentes do crescimento urbano e populacional e da intensificação de atividades potencialmente poluidoras que, segundo Merten & Minella (2002), dão origem a efluentes domésticos e industriais e conseqüentemente ao deflúvio superficial urbano ou agrícola, o que acaba por comprometer substancialmente a qualidade dos mananciais, bem como dos seus múltiplos usos.

Em função da contaminação a que os corpos d'água estão sujeitos, causadas por diferentes fontes de origem urbana, rural e industrial, há a necessidade de planos de prevenção e recuperação ambiental, a fim de garantir condições de usos atuais e futuros, para diversos fins (Santos & Florêncio, 2001). Uma das etapas desses planos incluem o monitoramento da qualidade da água com a finalidade de avaliar as substâncias presentes, através de possíveis alterações nos aspectos físicos, químicos e biológicos desses corpos d'água. O controle da poluição da água é necessário para assegurar e manter níveis de qualidade compatíveis com sua utilização (Borges et al., 2007).

O Furo do Maguari faz parte da hidrografia de Belém e forma limite natural com o município de Ananindeua, localizando-se à jusante do rio Maguari-Açu e desaguando na Baía do Guajará. De maneira geral, a área possui uma densa vegetação em suas margens e o rio é bastante utilizado para navegação e pesca artesanal para consumo, além de servir como porto para pequenas embarcações. O Furo do Maguari, margeia o Distrito de Icoaraci, pertencente à micro e mesorregião metropolitana do município de Belém, capital do estado do Pará, situado nas coordenadas de latitude 1°17'59.542" S e longitude de 48°28'42.131" W. O centro do distrito de Icoaraci é a cerca de 20 km de Belém e o acesso se dá através das rodovias Augusto Montenegro e Arthur Bernardes.

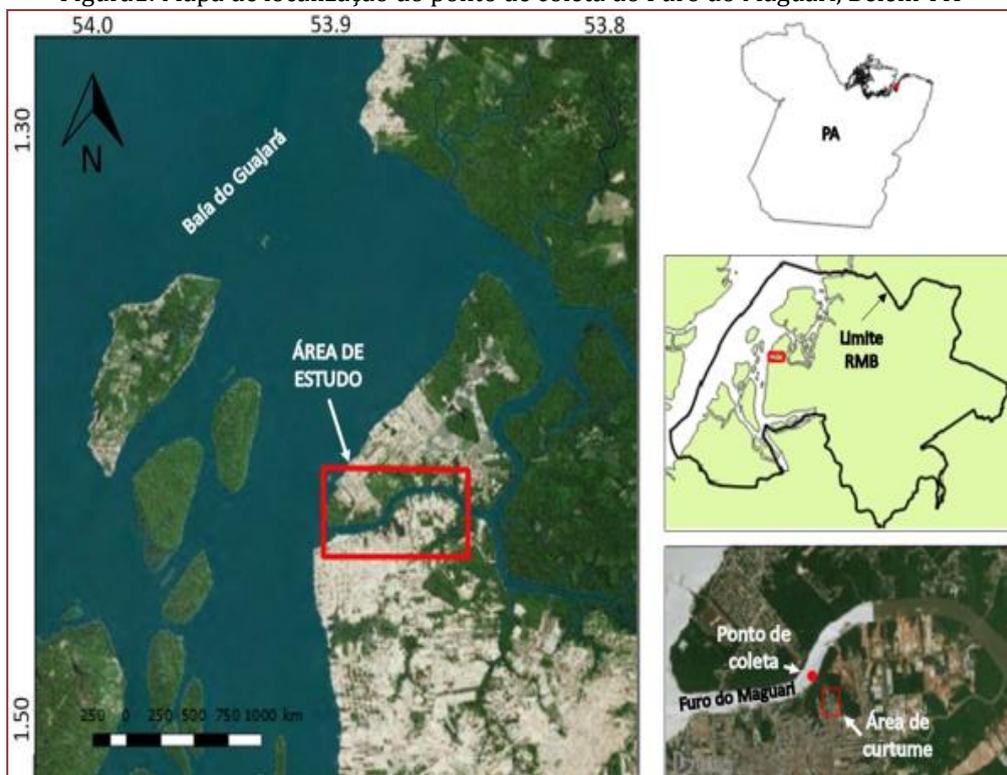
2. OBJETIVOS

O presente estudo teve como objetivo analisar e avaliar parâmetros físicos (condutividade, turbidez e sólidos suspensos) e químicos (nitrito, nitrato e n-amoniaco), que podem ser determinantes na avaliação da poluição no Furo do Maguari, um pequeno afluente da Baía do Guajará, situado no Distrito de Icoaraci, que norteia a região Metropolitana de Belém.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para avaliar os parâmetros físico-químicos da área, foi escolhido um ponto para a coleta próximo ao córrego que recebe efluentes tanto domésticos, quanto industriais, destacando-se aí, um curtume instalado dentro desses limites (Figura 1).

Figura1: Mapa de localização do ponto de coleta do Furo do Maguari, Belém-PA



No total, foram coletadas 4 amostras de água de um trapiche nas margens do rio, em um intervalo de três em três horas, iniciando a partir do estofo de maré vazante e considerando a influência da tábua de marés.

Tabela 1: Tábua de maré referente ao dia de coleta

Marés de Belém		Horários da Coleta
Hora	Altura (m)	
01:58	3,4	09:00
09:11	0,6	12:00
14:19	3,2	15:00
21:30	0,8	18:00

Fonte: CPTEC. Inpe

As amostras foram acondicionadas em frascos de polietileno de 500 ml, armazenadas em isopor com gelo para a conservação e refrigeradas até serem encaminhadas e analisadas no Laboratório de Química Ambiental (LQA), na Universidade Federal Rural da Amazônia. No laboratório mediu-se a turbidez e sólidos suspensos no Colorímetro da marca HACH (modelo DR/890); a condutividade elétrica com o condutivímetro iTest (modelo CD880); para a determinação da concentração de Nitrato, Nitrito e N-Amoniacal, as amostras foram filtradas e depois analisadas pelo fotômetro multiparâmetro (HANNA, modelo HI 83200).

4.RESULTADOS E DISCUSSÃO

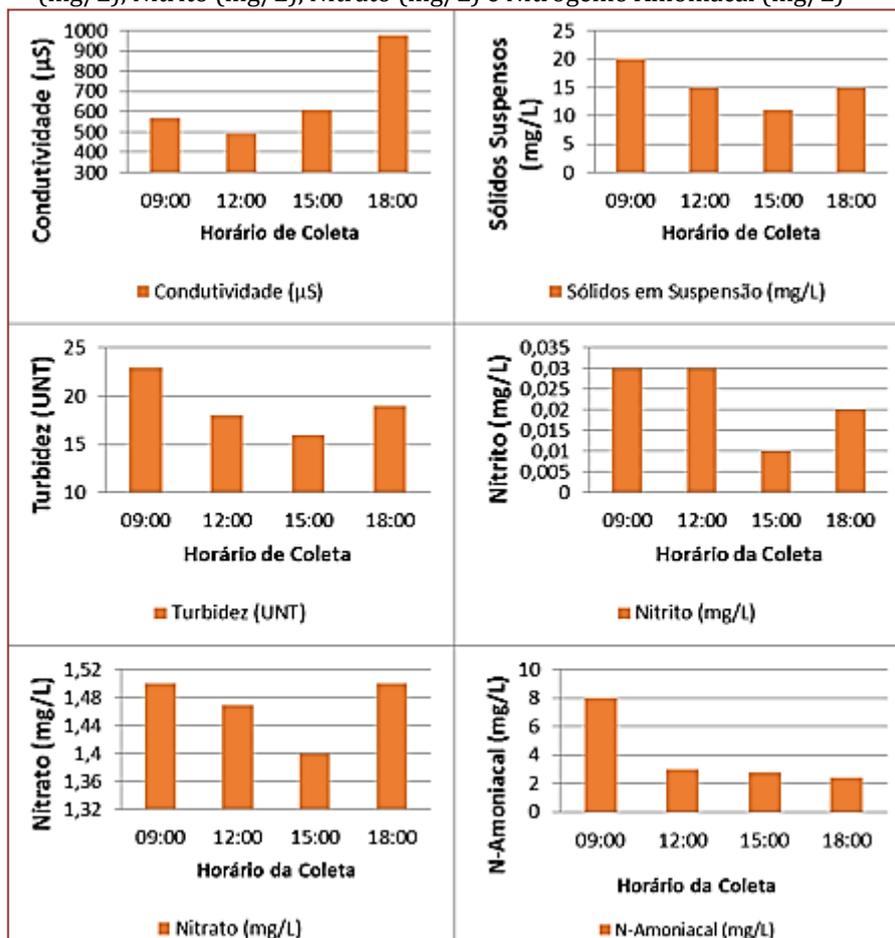
Os valores de condutividade variaram de 490 μ S/cm à 980 μ S/cm, sendo este último, obtido as 18h (Figura 3). De maneira geral, os valores podem ser considerados altos durante todo o dia, principalmente nos períodos em que ocorre a vazante do rio, o que pode representar uma possível influência de esgotos industriais e domésticos na área. Moura (2007), afirma que este parâmetro constitui uma das variáveis mais importantes para o ambiente aquático visto que fornece informações sobre o metabolismo aquático e ainda pode ajudar a detectar fontes poluidoras nesses ecossistemas. Valores muito altos de condutividade, podem indicar possíveis impactos ambientais ocasionados por lançamento de resíduos industriais em cursos d'água.

A turbidez se encontra com valores aceitáveis (Figura 3) de acordo com a Resolução CONAMA 357, que estabelece os valores máximos de 100 UNT, sendo os maiores valores obtidos nos horários de baixa-mar. Assim como a turbidez, os valores de sólidos em suspensão foram maiores quando o rio se encontrava nos períodos de baixa-mar, chegando a 20mg/L na do estofo de maré vazante. Segundo Moura (2007), é possível estabelecer uma relação entre a turbidez e os sólidos suspensos na água, portanto qualquer atividade industrial que seja desenvolvida nessa área com a emissão de efluentes, poderá influenciar diretamente nos dois parâmetros analisados.

A resolução CONAMA Nº 357/2005 determina que o valor limite de N-amoniaco varia conforme o valor do pH. Considera-se neste estudo os valores de pH entre 6 e 7, que é característico das águas superficiais que compõem a rede hidrográfica de Belém. Sendo assim, o N-amoniaco apresentou valores bastante elevados alcançando 8 mg/l na baixa mar (Figura 3), enquanto que o valor máximo é de 3,7 mg/L para pH < 7,5, como disposto na resolução. Segundo Sodré (2007) o parâmetro nitrogênio amoniacal é uma forma nitrogenada reduzida, que indica uma poluição não recente. Vasconcelos (2010) explica que com o passar do tempo, o nitrogênio orgânico é convertido em nitrogênio amoniacal e se posteriormente estiver em condições aeróbias a amônia oxida transformando-se em nitrito e nitrato.

Verificou-se que para os resultados de nitrito e nitrato (Figura 3), os valores estão abaixo do nível máximo exigido pela resolução 357 do CONAMA, que determina valor máximo de 10 mg/L nas concentrações para Nitrato e até 1mg/L para Nitrito, porém Moura (2007) observa que as águas naturais geralmente contêm nitratos em solução, principalmente tratando-se de águas que recebem esgotos. A presença de nitrato pode indicar poluição recente, uma vez que essas substâncias são oxidadas rapidamente na água, graças principalmente à presença de bactérias nitrificantes. Já a presença do íon nitrito indica a ocorrência de processos biológicos ativos influenciados por poluição orgânica (Kindlein, 2010).

Figura 2. Resultados obtidos dos parâmetros Condutividade (µS), Turbidez (UNT), Sólidos Suspensos (mg/L), Nitrito (mg/L), Nitrato (mg/L) e Nitrogênio Amoniacal (mg/L)



5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através da análise dos resultados dos parâmetros físico-químicos, ficou evidente que existe na área, uma forte influência de esgotos domésticos e industriais no Furo do Maguari, devido à alta condutividade e o alto teor de nitrogênio amoniacal encontrados. Embora não estejam fora dos padrões, os teores de nitrito e nitrato podem também ter sua origem nos despejos de efluentes domésticos de córregos que desembocam no Furo do Maguari. Foi possível observar, que todos os parâmetros analisados, tiveram sua dinâmica influenciada nas mudanças de maré em especial no período de baixa mar, onde praticamente todos os valores foram maiores, com exceção da condutividade elétrica que obteve seu maior valor as 18:00h. Contudo, ressalta-se a necessidade de um estudo mais detalhado que possa afirmar, em conjunto com outros parâmetros, se existe ou não algum impacto proveniente das atividades antrópicas realizadas no local e a fim de garantir a qualidade da água do rio para benefício da própria população.

REFERÊNCIAS

- [1] Borges, A. S.; Carvalho, A. T.; Müller, R. C. S.; Oliveira, G.R.F.; Santos, J. C. L.; Santos, S. A. F.; Souza, S. C. Análise de parâmetros físico-químicos da água do rio Guamá. In: Associação Brasileira de Química: Recursos não renováveis. 2007, Anais... Natal, 2007.
- [2] Conselho nacional do meio ambiente (Conama). Conama nº 357, de 17 de março de 2005. Classificação de águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional.
- [3] Kindlein, C. P. Determinação do teor de Nitratos e Nitritos na água de abastecimento do município de nova Santa Rita. 2010. 68 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Química). Centro Universitário La Salle-Unilasalle, Canoas, 2010.
- [4] Merten, G. H.; Minella, J. P. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. Revista Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável Porto Alegre, v.3, n.4, out/dez 2002.
- [5] Moura, E. M. Mapeamento do halo de dispersão formado por efluentes industriais lançados na baía do guajará no trecho compreendido entre o bairro de val-de-cães e o distrito de icoaraci. Belém/Janeiro. 2007.
- [6] Santos, K. P.; Florencio, L. Aplicação de Modelo Simplificado Para Avaliação do Estado Trófico no Reservatório de Duas unas, Pernambuco Brasil. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2001, Anais... Pernambuco, 2001.
- [7] Sodré, S. S. V. Hidroquímica dos lagos Bolonha e Água preta, Mananciais de BelémPará. 2007. 115 f. Dissertação (Mestre em ciências ambientais). Universidade Federal do Pará – UFPA, Museu Paraense Emilio Goeldi, Embrapa Amazônia Oriental, Belém, 2007.
- [8] Vasconcelos, V. de M. M.; Souza, C. F. Caracterização dos parâmetros de qualidade da água do manancial Utinga, Belém, PA, Brasil. Ambi-Agua, Taubaté, v. 6, n. 2, p. 305- 324, 2011.

Capítulo 22

Monitoramento da qualidade e preservação das nascentes urbanas de Ji-Paraná/RO

Yves Dias Brito

Avilyn Barbara Garcia Lopes

Nicolly Dal Santo Svierzoski

Gabriel Araújo Paes Freire

Nara Luísa Reis de Andrade

Resumo: A água é um recurso natural indispensável à vida e ao desenvolvimento de atividades humanas por isso há uma grande demanda por este recurso. Algumas atividades antrópicas podem alterar a qualidade e quantidade de manancias, visto a geração de resíduos lançados em corpos d'água ou a não preservação de nascentes, consequências do crescimento urbano. Dessa forma, torna-se importante o monitoramento da qualidade de nascentes que abastecem microbacias urbanas, visto que estas são as fontes da água em quantidade e qualidade a ser destinada aos diversos usos na bacia. Diante disso este trabalho teve o objetivo de associar os impactos ambientais em diferentes nascentes urbanas do município de Ji-Paraná/RO com o seu uso e ocupação mediante a determinação do Índice de Qualidade de Água e do Grau de Preservação das mesmas. Foram localizadas e observadas in loco 35 nascentes da microbracia do igarapé dois de Abril e posteriormente aplicou-se a metodologia de diagnóstico ambiental macroscópico e análises que leva em consideração aspectos ambientais como: cor da água, cheiro, resíduos ao redor, vegetação, entre outros, totalizando 13 aspectos. Dentre as análises, destacou-se o parâmetro oxigênio dissolvido, que esteve abaixo do estabelecido pela CONAMA 357/2005 em todas as nascentes. De um modo geral, as nascentes da microbacia estudada situam-se em condições não ideais de preservação devido a diversos fatores, principalmente à urbanização. Foi possível observar que as nascentes mais próximas a atividades humanas ou que estão vizinhas a residências, sofrem maiores danos ambientais, de forma que apresentam menor grau de preservação.

Palavras-chave: IQA; Recursos Hídricos; Microbacia.

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural indispensável à vida e ao desenvolvimento de atividades humanas como geração de energia, navegação, agricultura, recreação, entre outros, por isso sabe-se que há uma grande demanda deste recurso. Assim, a manutenção da qualidade e disponibilidade, além dos fatores que influenciam a sua qualidade, tornam-se aspectos a serem observados e discutidos. O consumo humano, na média nacional, equivale a aproximadamente 36% do total de água utilizada no Brasil, enquanto as atividades industriais, e a irrigação consomem 18 e 46% dos recursos, respectivamente (PEIXOTO et al., 2017).

Algumas atividades antrópicas podem alterar a qualidade e quantidade de mananciais, visto a geração de resíduos lançados em corpos d'água ou a não preservação de nascentes com retirada de vegetação, consequências do crescimento urbano. As nascentes são a passagem da água subterrânea à superfície e, segundo Oliveira et al. (2013), possuem fragilidade considerável e quando submetidos, mesmo que, a ínfimas alterações em seus fluxos, desencadeadas por intervenções antrópicas, pode gerar o comprometimento significativo da qualidade ambiental e da água que deles exfiltra.

Nascentes, matas ciliares e as faixas marginais de proteção das águas superficiais são enquadradas como Área de Preservação Permanente (APP) de acordo com o código florestal (lei nº 12651/2012), ratificado na lei municipal 1113/01 de Ji-Paraná, que dispõe sobre a Política Ambiental do município, onde se encontra a bacia deste estudo (JI-PARANÁ, 2001).

Dessa forma, torna-se importante o monitoramento da qualidade de nascentes que abastecem microbacias urbanas, visto que estes podem afetar diretamente a qualidade da água a ser distribuída à população. Das formas de aferir a qualidade da água de nascentes, a Agência Nacional de Águas (ANA) define parâmetros para a determinação de Índice de Qualidade de Água (IQA), com base em características física, químicas e biológicas. Além disso, observações macroscópicas podem ser realizadas a fim de obter o Grau de Preservação de uma nascente, como mostram (GOMES et al., 2005), onde observam-se as condições no entorno e na água da nascente, como: cheiro, cor, resíduos, entre outros.

Assim, analisar as condições de preservação das nascentes que abastecem uma microbacia possibilita verificar se atividades antrópicas estão alterando a qualidade das mesmas permitindo o planejamento e adoção de medidas de gestão dos recursos hídricos para a melhoria da oferta de água em quantidade e qualidade nos mananciais.

2 OBJETIVOS

O presente estudo teve como objetivo associar os impactos ambientais de diferentes nascentes urbanas de Ji-Paraná/RO com o seu uso e ocupação mediante a determinação do Índice de Qualidade de Água (IQA) e do Grau de Preservação (GP) das mesmas. Sendo os objetivos específicos:

- Monitorar a qualidade da água e o grau de preservação das nascentes urbanas;
- Identificar possíveis causas das alterações na qualidade ambiental das nascentes;

3 MATERIAL E MÉTODOS

O município de Ji-Paraná apresenta população estimada em 132.667 habitantes (IBGE, 2017) localizando-se na região centro-leste do estado de Rondônia. De acordo com a SEDAM (2012), as médias anuais de temperatura são de aproximadamente 27°C, com umidade relativa média de 75% e precipitação anual total de 19962,8mm. Neste município encontram-se 15 microbacias, sendo a maior delas a microbacia do Igarapé Dois de Abril.

Foram localizadas e observadas in loco 35 nascentes da microbacia do Igarapé dois de Abril, representando 70% de suas nascentes. Então foi aplicada a metodologia de diagnóstico ambiental macroscópico proposto por Gomes et al. (2005) que leva em consideração aspectos ambientais como: cor da água, cheiro, resíduos ao redor, vegetação, entre outros, totalizando 13 aspectos. A partir das observações, são atribuídos os valores 1, 2 ou 3 sendo para condições críticas, razoáveis e boas condições respectivamente. O resultado da soma destes valores, para cada aspecto, gera o Índice de Impacto Ambiental (IAA) das nascentes e o enquadramento em classes do Grau de Preservação (GP), conforme Tabela 1.

Tabela 1: Classes quanto ao Grau de Preservação das nascentes.

Classes	Grau de Preservação	Pontuação
A	Ótimo	37-39
B	Bom	34-36
C	Razoável	31-33
D	Ruim	28-30
E	Péssimo	Abaixo de 28

Fonte: Adaptado de Gomes et al., (2005).

Posterior a isto, foram selecionadas duas nascentes em cada classe do GP para acompanhamento ambiental periódico. Como não foram encontradas nascentes com GP ótimo, foram selecionadas 8 nascentes, correspondentes a 4 classes, além do exutório da bacia. Após isso, foram realizadas coletas e juntamente análises físico-químicas e biológicas para obtenção do IQA seguindo a metodologia sugerida pela Agência Nacional das Águas (ANA), onde este é composto por nove parâmetros com seus respectivos pesos, conforme Tabela 2.

Tabela 2: Variáveis para o cálculo do IQA.

Parâmetro	Peso	Parâmetro	Peso
Oxigênio Dissolvido	0,17	Nitrogênio Total	0,1
Coliformes Totais	0,15	Fósforo Total	0,08
pH	0,12	Turbidez	0,08
Demanda Bioquímica de Oxigênio	0,1	Resíduo Total	0,08
Temperatura	0,1	Total	1

Fonte: Adaptado de ANA (Agência Nacional de Águas).

De posse destes valores, é calculado o IQA com base na equação 1.

$$IQA = \sum_{i=1}^{n=9} qiwi$$

Onde:

IQA: Índice de Qualidade de Água, sendo um número entre 0 e 100;

qi: Qualidade do i-ésimo parâmetro, sendo um número entre 0 e 100, obtido do respectivo gráfico de qualidade em função da sua concentração ou medida (resultado da análise);

wi: peso correspondente ao i-ésimo parâmetro fixado em função da sua importância para a conformação global da qualidade, isto é, um número entre 0 e 1.

Os procedimentos laboratoriais para aferição das variáveis e metodologias utilizadas neste estudo apresentam-se na Tabela 3.

Tabela 3: Procedimentos laboratoriais realizados para análise da qualidade da água.

Variável	Método	Unidade	Referência
Coliformes Totais	Membrana filtrante	UFC/100ml	APHA, 2005
pH e temperatura	Sonda portátil 221 Lutron	- / °C para temperatura	-
OD e DBO	Oxímetro portátil Politerm POL-60	mg/l	APHA, 2005
Nitrogênio Org. Dissolvido	Espectrofotométrico	mg/l	KOROLEFF, F (1969)
Fósforo	Colorimétrico	mg/l	GOLTERMAN; CLYMO; OHNSTAD(1978)
Turbidez	Turbidímetro Hach 2100p	NTU	-
Resíduo total	Método Gravimétrico	mg/l	NBR 10.664/89

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No período de estudo, foram analisados 9 (nove) pontos, sendo 8 (oito) nascentes e a foz da microbacia, assim enumerados de A a H e Ex sendo o exutório. Estes pontos encontraram-se em condições de preservação entre bom (A e B), razoável (C e D), ruim (E e

F) e péssimo (G e H), não sendo encontrada, na microbacia, nenhuma nascente em condições ótimas.

Dentre os principais impactos foram observados presença de resíduos sólidos, represamento de nascente para captação, presença de residências próxima, presença de animais, ausência de vegetação e lançamento direto de efluente doméstico, sendo este último constatado no exutório da microbacia.. Observa-se, na Figura 1, a presença de resíduos sólidos na nascente E, como garrafas pet e o represamento da nascente A.

Figura 1: Impactos de atividades antrópicas observadas nas nascentes E e A.



As nascentes com grau de preservação inicialmente bom permaneceram em boas condições de preservação, porém a nascente A, como visto anteriormente, sofreu alteração no percurso devido à instalação de represamento para bombeamento de água para as residências. Enquanto que ao redor da nascente B foi encontrada com vegetação intacta, mas com baixo nível da água.

Com relação às análises físico-químicas e microbiológicas, os resultados estão compilados na Tabela 4. É possível observar as médias das variáveis analisadas nos meses de Junho, Agosto e Novembro de 2017 e Janeiro de 2018. Nota-se que a turbidez das nascentes F (GP ruim) e H (GP péssimo) foi elevada, ultrapassando os níveis estabelecidos pela resolução CONAMA 357/2005 para águas de classe 2 (>100UNT). As concentrações médias para coliformes termotolerantes ultrapassam os limites estabelecidos na respectiva resolução, assim como no trabalho de Rocha (2016), onde foram encontrados também níveis acima do permitido em pontos do Rio Machado, rio em que a microbacia do Igarapé Dois de Abril deságua.

Tabela 4: Média das variáveis físico químicas e microbiológicas nas nascentes e no exutório do Igarapé Dois de Abril.

Ponto	Temp °C	Turbidez (UNT)	D (+)	DBO (+)	Resíduos (+)	Fósforo total (+)	Coliformes totais (*)	E.coli(*)	N total (+)
A	26,98	27,75	3,73	1,23	57,00	0,53	50250	6250	0,89
B	25,80	56,47	2,30	0,17	407,25	0,17	167750	33750	1,23
C	27,95	59,44	3,33	0,37	124,25	0,52	53750	4500	1,42
D	26,65	74,30	1,03	0,00	110,50	0,50	41500	500	0,21
E	27,50	70,70	2,93	0,45	100,33	0,80	89333	1000	1,23
F	25,90	237,67	0,60	0,00	332,33	2,44	677667	1000	0,23
G	29,40	57,35	2,40	0,13	273,25	0,44	545000	38500	3,10
H	27,70	179,00	2,50	0,20	240,00	0,48	320000	15000	9,79
EX	27,05	16,83	3,68	0,00	90,50	0,50	420000	207500	2,23

Nota: (*) =Unidades Formadoras de Colônia (UFC/100ml); (+)= mg/L

A nascente D, inicialmente indicada com GP razoável, demonstrou depreciação na sua qualidade ao longo do período estudado, visto que a água ficou represada apresentando características de presença de gordura e decréscimo no oxigênio disponível, chegando a zero. É importante destacar que a cerca de 50 metros desta nascente fora construído um residencial, onde anteriormente não havia habitantes, podendo indicar uma das causas do decaimento na qualidade desta nascente. Por sua vez, a nascente C, também classificada como razoável, demonstrou que a presença de animais pode ter influenciado no aumento da concentração de nitrogênio e na presença de coliformes totais e e.coli. A Figura 2 ilustra as nascentes C e D.

Figura 2: Presença de gorduras nas nascentes C e D.



(c)

(d)

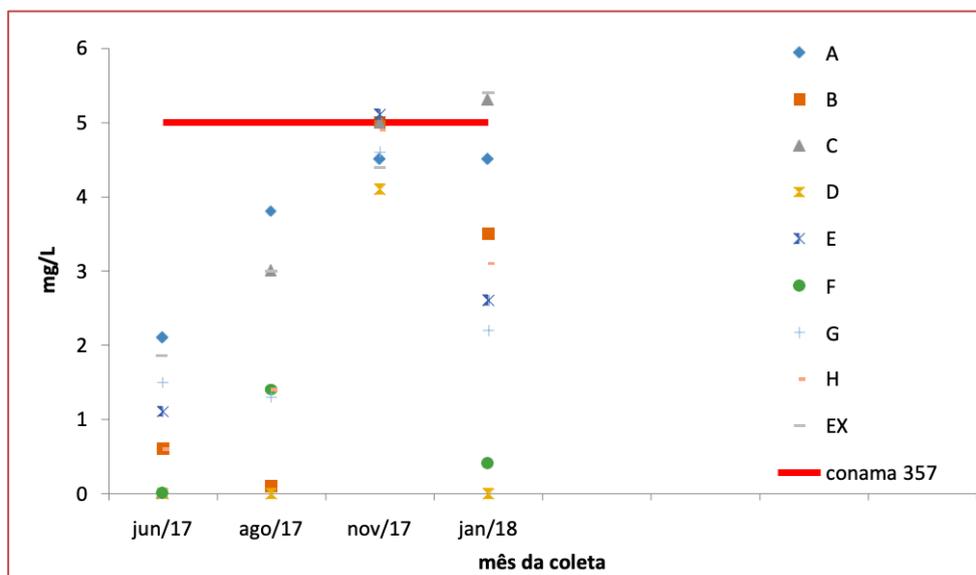
Fonte: Autor.

Das nascentes consideradas ruins, a E se destacou pelo aumento da presença de resíduos sólidos depositados ao seu redor, e especificamente na coleta do mês de Agosto, esta havia secado totalmente, impossibilitando as análises físico-químicas, porém na coleta do mês de novembro houve aumento na concentração de nitrogênio (2,12 mg/L) e coliformes totais (181000 UFC/100ml), havendo um posterior decréscimo, no mês de janeiro.

A nascente F, também considerada com GP ruim, sofreu queimadas na vegetação ao redor, sendo que na coleta do mês de novembro esta também havia secado totalmente. Na coleta do mês de janeiro, não havia água corrente, apenas um alagado provocado pelas chuvas. Nesta nascente foram observados cavalos pastando ao redor, explicando a presença de coliformes na água, além de ser observado também uma quantidade de resíduos maior que as demais nascentes no mês de janeiro, 640mg/L.

No quesito OD, os resultados chamaram a atenção, visto que este parâmetro em quase todas as nascentes estavam abaixo da concentração preconizada pela Resolução CONAMA357/2005 para corpos hídricos de classe 2, de 5mg/L, exceto para as nascentes E e C e para o exutório, nos diferentes períodos de análise, como ilustrado na Figura 3.

Figura 3: Concentração de Oxigênio dissolvido nos pontos de monitoramento da microbacia do Igarapé Dois de Abril.



Assim como constatado por Da Silva (2017), nas estações com menor índice pluviométrico, cheia/seca e seca, foram encontrados maiores concentrações de resíduos na água e também acúmulo de lixo especificamente na nascente E. Por outro lado, Souza et al (2015) encontraram melhores resultados de preservação em nascente nos meses de estiagem, constatando boa qualidade nestes períodos e qualidade razoável em período de cheia, em estudo realizado em Minas Gerais.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De um modo geral, as nascentes da microbacia estudada situam-se em condições não ideais de preservação devido a diversos fatores, advindos da ocupação urbana aliada a atividades realizadas de modo desordenado.

Foi possível observar que as nascentes mais próximas a residências sofrem maiores danos ambientais, diminuindo assim seu grau de preservação. Além disso, observa-se que os aspectos visíveis macroscopicamente interferem diretamente na qualidade da água da nascente, onde foi constatada presença de coliformes e nutrientes nas nascentes em que havia maiores indícios de antropização. A criação de animais próximos a nascentes, importante para sua dessedentação, também atinge diretamente a qualidade, provocando o aumento de carga de nutrientes, sólidos e turbidez da água.

REFERÊNCIAS

- [1] Agência Nacional das Águas (ANA); Indicadores de Qualidade - Índice de Qualidade das Águas, 2004. Disponível em: <<http://pnqa.ana.gov.br/IndicadoresQA/IndiceQA.aspx>>. Acesso em 3 de Janeiro de 2018.
- [2] APHA, AWWA, WEF. Standard methods for the examination of water and wastewater. Edition 21. Washington, 2005.

- [3] DA SILVA, D.P. Avaliação da qualidade da água e do grau de preservação das nascentes urbanas do Igarapé Dois de Abril, Ji-Paraná/RO.Trabalho de Conclusão de Curso.Fundação Universidade Federal de Rondônia (UNIR). Ji-Paraná, 2017.
- [4] GOLTERMAN, HL., CLYMO, RS. and OHNSTAD, MAM. Methods for physical and chemical analysis of freshwaters.2ª ed. Oxford: BlackwellScientificPublications. 213 p. n. 8.1978
- [5] GOMES, P. M.; MELO, C.; VALE, V. S. Avaliação dos impactos ambientais em nascentes na cidade de Uberlândia-MG: análise macroscópica. Revista Sociedade & Natureza. Uberlândia, Vol. 17, junho de 2005. Pág. 103-120.
- [6] IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php> Acesso em: 25 de maio de 2017.
- [7] JI-PARANÁ, Lei Municipal N° 1113, de 19 de novembro de 2001. Dispõe sobre a Política Ambiental, o Sistema Municipal de Meio Ambiente e o Controle Ambiental no Município. Diário Oficial Municipal, Ji-Paraná.
- [8] KOROLEFF, F. Determination of total nitrogen in natural waters by means of persulfateoxidation .1969.
- [9] OLIVEIRA, Mateus Campos de Paula et al. AVALIAÇÃO MACROSCÓPICA DA QUALIDADE DAS NASCENTES DO CAMPUS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE
- [10] JUIZ DE FORA. Revista de Geografia, Juiz de Fora, v. 3, n. 1, p.1-7, 2013.
- [11] PEIXOTO, Jessica de Sá Guimarães et al. Avaliação da qualidade dos recursos hídricos superficiais no alto curso da bacia hidrográfica do córrego Campo Alegre - Goiás. Geochimica Brasiliensis, [s.l.], v. 31, n. 1, p.1-10, 30 jun. 2017. Geochimica Brasiliensis.
- [12] SEDAM, Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental, Boletim Climatológico de Rondônia – 2010. Disponível em: <http://www.sedam.ro.gov.br/index.php/component/content/article/107-meteorologia/146-boletim-anual>.Acesso em: 25 de maio de 2017.
- [13] SOUZA, Marcos Vinícius Soares de et al. ANÁLISE AMBIENTAL E QUALIDADE DA ÁGUA NA NASCENTE RIBEIRÃO PEDRA GRANDE EM VÁRZEA DA PALMA/MG. In: SEMINÁRIO CIENTÍFICO DA FACIG, I.. Anais 2015.
- [14] ROCHA, Vinícius Gotardi. ASPECTOS SANITÁRIOS DAS ÁGUAS DO RIO MACHADO E IGARAPÉS NA REGIÃO DE PRESIDENTE MÉDICI, RONDÔNIA - INFLUÊNCIA DA AÇÃO ANTRÓPICA. 37 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Pesca, Fundação Universidade Federal de Rondônia, Presidente Médici, 2016.

Capítulo 23

Análise da qualidade da água em microbacias hidrográficas nos municípios de Ourém, Maracanã e Magalhães Barata, no Estado do Pará

Wesley Vinicius Victor Moura

Gabriel Constantino Monteiro da Silva

Adriana de Freitas Diniz

José Ribamar da Cruz Freitas Junior

Resumo: Uma das principais causas da baixa disponibilidade hídrica se relaciona às ações antrópicas sem planejamento do uso e ocupação do solo nas bacias hidrográficas, as quais causam a poluição da água. A adoção de técnicas de monitoramento da água vem, nesse sentido, possibilitando o desenvolvimento de estudos das peculiaridades de cada microbacia hidrográfica, otimizando as tarefas de análise de um volumoso e intrincado conjunto de parâmetros físico-químicos da água. Foi realizado um estudo nos municípios de Ourém, Maracanã e Magalhães Barata, no estado do Pará, para o monitoramento da qualidade da água em microbacias hidrográficas, com o objetivo de apresentar a análise sobre parâmetros físico-químicos da água que estão relacionados à identificação dos níveis de degradação causado pela ação industrial, principalmente pela exploração de seixo e avaliar a qualidade da água nas microbacias desses municípios. A metodologia foi feita a partir dos equipamentos de monitoramento de dados coletados nas áreas estudadas durante uma visita técnica. Observou-se com a pesquisa que a ação antrópica é um dos maiores influenciados dos parâmetros de qualidade da água.

Palavras-chave: ações antrópicas, microbacias, qualidade da água.

1 INTRODUÇÃO

No início do novo milênio o grande desafio da humanidade é conviver com a baixa disponibilidade de água causada pelo uso excessivo e poluição dos corpos hídricos. Uma forma de se conhecer a qualidade da água é fazer uso do monitoramento para obter informações necessárias ao gerenciamento e ações de intervenções para recuperação ou preservação dos mananciais garantindo a sustentabilidade dos ecossistemas.

Uma das principais causas da baixa disponibilidade hídrica se relaciona às ações antrópicas sem planejamento do uso e ocupação do solo nas bacias hidrográficas, as quais causam a poluição da água. Entende-se por poluição da água a alteração de suas características por quaisquer ações ou interferências, sejam elas naturais ou provocadas pelo homem. Essas alterações podem produzir impactos estéticos, fisiológicos – distúrbios em organismos aquáticos causados pela variação de amônia – ou ecológicos.

O conceito de poluição da água tem-se tornado cada vez mais amplo em função de maiores exigências com relação à conservação e ao uso racional dos recursos hídricos (Braga et al., 2002).

A poluição das águas nas bacias hidrográficas tem, como origem, fontes, dentre as quais se destacam: efluentes domésticos, efluentes industriais e carga difusa urbana e agrícola (CETESB, 2005). Segundo Ongley (1996), a fonte não pontual, também conhecida como difusa, é proveniente de um conjunto de atividades humanas para as quais os poluentes não têm um ponto óbvio para entrada nos corpos hídricos. Como consequência das atividades urbanas e agrícolas, a concentração de nutrientes (NO_3^- , PO_4^-) e metais traços (Cu, Cd, Pb, Zn, Cr, Ni e Hg) em sedimentos e águas superficiais, tem excedido as recomendações para proteção dos ecossistemas aquáticos. Quando da necessidade de estudos específicos de qualidade de água em determinados trechos de rios ou reservatórios, com vistas a diagnósticos mais detalhados, outras variáveis podem vir a ser determinadas, tanto em função do uso e ocupação do solo na bacia contribuinte, atuais ou preteridos, quanto pela ocorrência de algum evento excepcional na área em questão (CETESB, 2005).

Segundo ARCOVA et al. (1998), os vários processos que controlam a qualidade da água de determinado manancial fazem parte de um frágil equilíbrio, motivo pelo qual alterações de ordem física, química ou climática, na bacia hidrográfica, podem modificar a sua qualidade.

No município de Ourém, no Pará, um dos maiores problemas ambientais nas bacias hidrográficas está relacionado à qualidade e quantidade de água pois, a Bacia do Rio Guamá é uma das mais degradadas devido à elevada taxa de do aumento do desenvolvimento industrial, com intensa atividade da extração de seixo, brita e areia que constitui em séria ameaça ao ecossistema do município, devido ao aumento dos riscos de perda de solo por sua exploração, em virtude das práticas inadequadas de extração e falta de fiscalização eficiente que garanta a recuperação das áreas degradadas ocasionadas por essa atividade e com isso afetando, também, a qualidade da água, SOUZA et al. (2014). A produção de seixo é a maior do Estado, chegando a mais de 700 metros cúbicos por dia, e é responsável pelo abastecimento da capital paraense. Além disso, 60% da população ouremense vivem da agricultura familiar e outros sobrevivem com as olarias.

Na microbacia do município de Maracanã a situação não é diferente, visto que exploração intensiva de recursos, lançamento de esgoto urbano e industrial, atividades agrícolas e florestais, vêm causando desequilíbrio no seu ecossistema terrestre e aquático, alterando a qualidade e a quantidade de água, razão por que se objetivou, com este estudo, avaliar a qualidade da água na Microbacia de Magalhães Barata.

2. JUSTIFICATIVA

A avaliação da qualidade da água pode ser feita pela composição dos resultados obtidos das amostras com os padrões de qualidade estabelecidos para a classe em que está enquadrado o manancial. No Brasil, a classificação das águas em relação à qualidade requerida para seus usos preponderantes, foi estabelecida pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente em 1986 com a Resolução nº 20, atualmente substituída pela Resolução nº 357, de 17 de março de 2005 (CONAMA, 2005), sendo muito utilizada para comparar o nível de qualidade das águas brasileiras para os diversos usos. De acordo com Pote et al., (2002). Os dados de qualidade da água devem conduzir para informações de relevância para o manejo dos recursos hídricos.

A qualidade da água de uma microbacia pode ser influenciada por diversos fatores e, dentre eles, estão o clima, a cobertura vegetal, a topografia, a geologia, bem como o tipo, o uso e o manejo do solo da bacia hidrográfica (VAZHEMIN, 1972; PEREIRA, 1997).

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho tem por objetivo apresentar a análise sobre os parâmetros físico-químicos da água que estão relacionados à identificação dos níveis de degradação causados pela ação industrial, principalmente pela exploração de seixo e avaliar a qualidade da água nas microbacias hidrográficas dos municípios de Ourém, Maracanã e Magalhães Barata, no estado do Pará.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Verificar a possível influência de impacto sobre as explorações de seixo na qualidade da água das nascentes e da bacia hidrográfica do município de Ourém (PA);
- Avaliar a aplicabilidade de técnicas de análise dos parâmetros físico-químicos da água das sub-bacias analisadas nos municípios de Ourém, Maracanã e Magalhães Barata (PA);
- Comparar as análises de qualidade de água, feita pelo multiparâmetro com a legislação em vigor.

4. METODOLOGIA

O trabalho de campo foi conduzido nas microbacias, localizadas nos municípios (figura 1) de Ourém, Maracanã e Magalhães Barata. Foram realizadas atividades de biomonitorização de qualidade de água de áreas de bacias hidrográficas e áreas degradadas.

Figura 1. Representação do mapa do estado do Pará, com a localização do município de Ourém (vermelho), Maracanã (verde) e Magalhães Barata (marrom).



Fonte: Autor/2018

Foram monitorados cinco pontos de amostragem, com coleta, em cada município citado, de amostras de água determinados em campo com equipamento portátil utilizando o multiparâmetro portátil Water Quality Meter AK88 (Akso®). Os dados analisados foram visualizados através de gráficos projetados através do Excel.

Figura 2. Multiparâmetro portátil Water Quality Meter AK88 (Akso®)



Fonte: Autor/2018

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 DADOS DOS PARÂMETROS DA QUALIDADE DE ÁGUA COLETADOS NAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS MUNICÍPIOS DE OURÉM (PA), MARACANÃ E MAGALHÃES BARATA (PA).

De acordo com a Resolução CONAMA N° 357 os municípios de Ourém e Magalhães Barata encontram-se dentro dos padrões da classe II de Aguas Doces. Enquanto o município de Maracanã está classificado como águas salobras. Assim para cada para cada classificação de água há uma medida padrão para cada parâmetro.

As variáveis medidas foram Oxigênio dissolvido (OD), potencial hidrogeniônico (pH), Condutividade elétrica (COND), Salinidade (‰) e Temperatura (°C). Os principais parâmetros analisados são descritos a seguir, de acordo com (VON SPERLING 1997):

4.2.1 OXIGÊNIO DISSOLVIDO (OD):

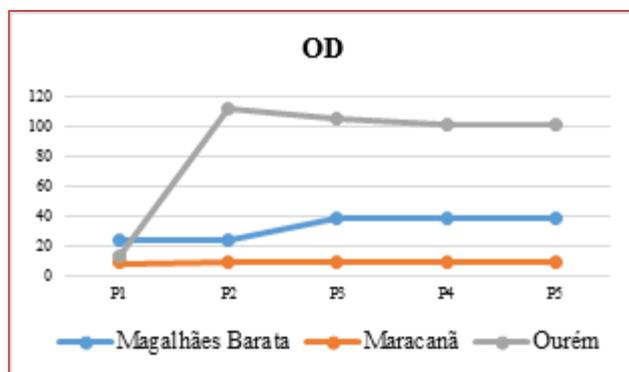
A adição de matéria orgânica nos cursos d'água consome oxigênio dos mesmos, através da oxidação química e principalmente da bioquímica, via respiração dos microrganismos, depurando assim a matéria orgânica.

Quando a carga dos esgotos lançados excede a capacidade de autodepuração do corpo de água, o rio fica sem oxigênio, provocando problemas estéticos e liberação de odor e impedindo a existência de peixes e outros seres aquáticos, os peixes morrem não por toxicidade, mas por asfixia. Todos os organismos vivos dependem de uma forma ou de outra do oxigênio para manter os processos metabólicos de produção de energia e de reprodução. A quantidade de alimento (esgoto ou outros despejos orgânicos assimiláveis) lançada ao corpo d'água deve ser proporcional à sua vazão ou ao seu volume, isto é, à sua disponibilidade de oxigênio dissolvido.

Assim, a poluição orgânica de um curso d'água pode ser avaliada pelo decréscimo da concentração de oxigênio dissolvido e/ou pela concentração de matéria orgânica em termos de concentração de oxigênio necessário para oxidá-la.

A poluição orgânica de um curso d'água pode ser avaliada pelo decréscimo da concentração de oxigênio dissolvido e/ou pela concentração de matéria orgânica em termos de concentração de oxigênio necessário para oxidá-la. Indicador da concentração de oxigênio dissolvido na água em mg L⁻¹. O oxigênio é um gás pouco solúvel em água e a sua solubilidade depende da pressão (altitude), temperatura e sais dissolvidos, normalmente a concentração de saturação está em torno de 8 mg L⁻¹ a 25°C entre 0 e 1.000 m de altitude.

Figura 3. Concentrações de oxigênio dissolvido, da nascente e de pontos coletados na microbacia hidrográfica dos municípios de Magalhães Barata, Maracanã e Ourém (PA).



Fonte: Autor/2018

Em todos os municípios estudados, com a análise da figura 3 que representam os dados coletados dos municípios de Ourém, Maracanã e Magalhães Barata respectivamente o Oxigênio Dissolvido (OD) encontrado nas amostras apresenta valor satisfatório, quando comparado com os níveis recomendados, ≥ 6 mg/L O₂. A quantidade de OD na água é a diferença entre a produção e consumo existente no ambiente. As principais fontes de oxigênio são a reaeração atmosférica e a fotossíntese, enquanto que a depleção está associada à oxidação bioquímica da matéria orgânica carbonácea, nitrogenada e processos de respiração (OMS, 2009).

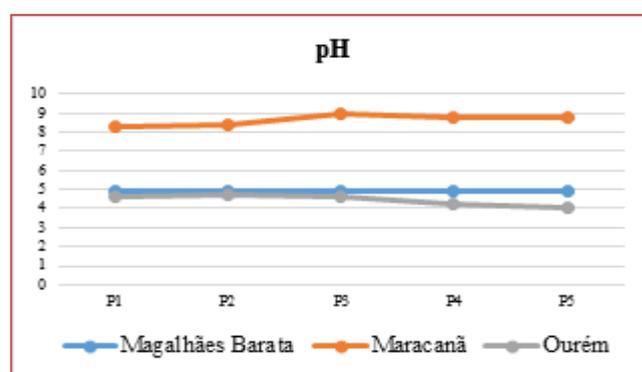
Os menores valores do oxigênio dissolvido em alguns pontos da área de estudo estão relacionados à decomposição da matéria orgânica proveniente de esgotos domésticos. Portanto, um sistema aquático que recebe esgotos in natura sofre alterações ecológicas decorrentes, na maioria das vezes, da eutrofização, diminuindo drasticamente a qualidade das águas, levando principalmente à acentuada redução do oxigênio dissolvido.

4.2.2 POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (PH)

O pH é a medida do balanço ácido de uma solução, definida como o logaritmo negativo da concentração de íons de hidrogênio. A escala de pH varia de 0 a 14, sendo que os valores abaixo de 7 e próximos de zero indicam aumento de acidez, enquanto os valores de 7 a 14 indicam aumento da alcalinidade (CHAPMAN & KIMSTACH, 1996).

Os valores de pH estão relacionados a fatores naturais, como dissolução de rochas, absorção de gases atmosféricos, oxidação da matéria orgânica e fotossíntese, e a fatores antropogênicos pelo despejo de esgotos domésticos e industriais, devido à oxidação da matéria orgânica e à lavagem ácida de tanques, respectivamente (VON SPERLING, 2005).

Figura 4. Potencial Hidrogênioico dos cinco pontos de amostragem, coletados na microbacia hidrográfica do município de Magalhães Barata, Maracanã e Ourém (PA).



Fonte: Autores, 2018

O pH, potencial hidrogeniônico (quantidade de prótons H⁺), obtido nas amostras dessa área de Ourém oscilou de 4 a 4,69, enquanto o recomendado para essa classe de água, regida pela legislação vigente Resolução CONAMA 357/2005 deve ser entre 6 e 9. Constatando que esse ambiente apresenta água ácida. Provavelmente a mudança de pH está relacionada a alterações provocadas por substâncias provenientes de despejos domésticos na área de coleta, em que aumento do pH na área em estudo está relacionado as interferências humanas.

Nesse caso o pH está baixo, assim os peixes apresentarão maior frequência respiratória e, se necessário, poderão, inclusive, respirar na superfície da água (OMS, 2009). E ainda, a água estando com o pH fora da faixa definida pela Resolução, o banhista corre o risco de sofrer algum tipo de irritação da pele ou olhos (INMETRO, 1998).

A variação de pH dos pontos coletados no município de Maracanã não foi tão significativa variando de 8,2 a 8,9 nos cinco pontos coletados. Estando dentro dos padrões estabelecido pela Resolução CONAMA 357/2005.

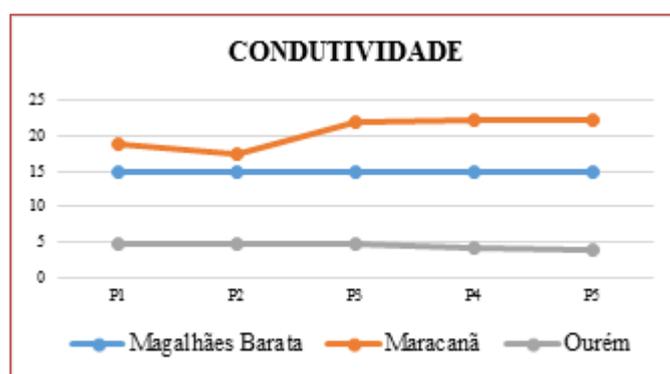
No município de Magalhães Barata, o pH se manteve constante em todos os pontos de coleta. Dessa maneira, os valores encontrados para o parâmetro pH não são condizentes com aqueles da classe 2, segundo a Resolução CONAMA 357/2005, uma vez que, para este parâmetro, o valor pode oscilar entre 6 e 9.

4.2.3 CONDUTIVIDADE ELÉTRICA (COND)

Segundo Esteves (1998), a condutividade elétrica de uma solução é a capacidade desta em conduzir a corrente elétrica. Considerando-se que a capacidade de uma solução em conduzir a corrente elétrica é função da concentração dos íons presentes, é de se esperar que em soluções de maior concentração iônica, maior será a condutividade elétrica. Os íons mais diretamente responsáveis pelos valores de condutividade elétrica em águas interiores são os chamados macro-nutrientes (cálcio, magnésio, potássio, sódio, carbonato, sulfato, cloreto, etc.).

Na legislação do Brasil não existe um limite superior deste parâmetro tido como aceitável. Porém, deve-se notar que oscilações na condutividade da água, ainda que não causem dano imediato ao ser humano, podem indicar tanto uma contaminação do meio aquático por efluentes industriais como o assoreamento acelerado de rios por destruição da mata ciliar (LONDERO e GARCIA, 2010).

Figura 5. Condutividade dos cinco pontos de amostragem, coletados na microbacia hidrográfica do município de Magalhães Barata, Maracanã e Ourém (PA).



Fonte: Autores, 2018

Para a condutividade no município de Ourém, os pontos 1 e o ponto de nascente apresentaram respectivamente menores e maiores valores, sendo eles 20,2 $\mu\text{s}/\text{cm}$ e 30,4 $\mu\text{s}/\text{cm}$. A média de condutividade considerando todos os pontos foi de 24,1 $\mu\text{s}/\text{cm}$. Assim como nos outros dois municípios não apresentaram altos valores de condutividade estando dentro dos padrões.

A condutividade está diretamente relacionada com a temperatura, quanto maior a temperatura maior será a liberdade de movimento dos íons, que são os responsáveis pela condutividade elétrica. Mas, no caso de Maracanã em que a temperatura no momento em que foi coletado, ser maior que nos outros municípios

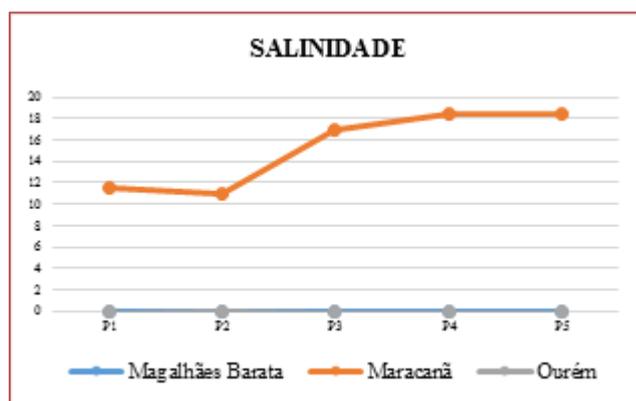
nenhuma diferença foi perceptível de uma forma que quanto maior a temperatura, maior será a condutividade.

A Condutividade no município de Magalhães Barata a 25°C foi aferida em 15 μ S.l-1, contudo a legislação não define um limite para testes de balneabilidade. A condutividade elétrica está relacionada à capacidade da água em transmitir corrente elétrica devido à presença de sais dissolvidos e metais pesados na forma de íons, com isto é possível avaliar a quantidade de sólidos dissolvidos (FUNASA, 2014; OMS, 2009).

4.2.4 SALINIDADE (‰)

A salinidade é uma das formas de estresse ambiental a afetar o desenvolvimento das plantas. O estresse salino inibe o crescimento vegetal por efeito osmótico, restringindo a disponibilidade de água, por toxicidade e/ou desordem nutricional, induzindo às modificações morfológicas, estruturais e metabólicas. O grau em que cada componente do estresse salino influencia o crescimento das plantas é dependente de muitos fatores, destacando-se, dentre eles: espécie vegetal, cultivar, estágio fenológico, composição salina do meio e condições edafoclimáticas (SHANNON; GRIEVE, 1999).

Figura 6. Salinidade dos cinco pontos de amostragem, coletados na microbacia hidrográfica do município de Magalhães Barata, Maracanã e Ourém (PA).



Fonte: Autores, 2018

Nessa localidade apenas no ponto 2 houve uma mudança de 0,01%, comparado aos outros pontos que não apresentaram 0% de salinidade. Contudo, Ourém está classificado como um local que apresenta águas doces já que sua salinidade não ultrapassa os valores de 0,5% que de acordo com a Resolução CONAMA 357/2005 é o limite para se considerar águas doces.

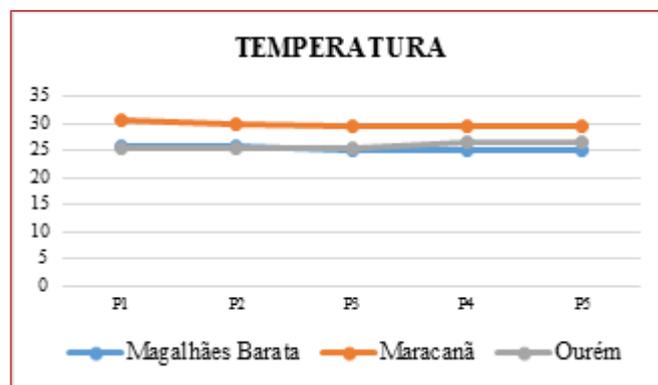
Por ser essa parte de Maracanã ser um estuário, há nesse local o encontro de águas doces e salgadas, tendo assim nessa área variações de salinidade. Mas, ainda assim esse local não se caracteriza como águas salinas, já que para isso a água deve apresentar salinidade igual ou inferior a 30%. Sendo uma água salobra que segundo a Resolução CONAMA 357/2005, caracteriza como águas salobras, as águas com salinidade superior a 0,5 % e inferior a 30 %.

Assim como no município de Ourém Magalhães Barata apresenta baixos níveis de salinidade, sendo suas águas caracterizadas como água doce.

4.2.5 TEMPERATURA (°C)

A temperatura possui a capacidade de influenciar nas taxas de oxidação da matéria orgânica. Em processos biológicos, a temperatura tende a aumentar até conseguir chegar ao seu ótimo e posteriormente decresce, devido à desnaturação enzimática ocorrida em temperaturas elevadas (VON SPERLING, 1997). O processo biológico geralmente é conduzido em uma ampla faixa de temperatura. No entanto, o máximo da atividade microbiana é atingido na faixa entre 35° a 40°C (JENKINS; RICHARD; DAIGGER, 1993). Segundo Sant'anna Junior (2010), as temperaturas abaixo de 5°C remetem na queda do metabolismo microbiano.

Figura 7. Temperatura dos cinco pontos de amostragem, coletados na microbacia hidrográfica do município de Magalhães Barata, Maracanã e Ourém (PA).



Fonte: Autores, 2018

A temperatura da água de rios e córregos normalmente é ligeiramente inferior à do ar. Isso ocorre, porque o abastecimento dos cursos d'água é feito por água subterrânea (minas) e o sombreamento provocado pela vegetação da mata ciliar contribui para manter a temperatura mais baixa. Percebe-se a estabilidade da temperatura nesses pontos em torno de 26°C, sendo a mesma ótima para os organismos aquáticos dessa região.

Percebe-se que nesse local há uma diferença de temperatura quanto aos outros municípios, mas isso se dá a muitos fatores. Variações de temperatura são parte do regime climático normal e corpos de água naturais apresentam variações sazonais e diurnas, bem como estratificação vertical. A temperatura superficial é influenciada por fatores tais como latitude, altitude, estação do ano, período do dia, vazão e profundidade. Em termos de corpos d'água, a temperatura pode ser analisada junto com outros parâmetros, tais como OD que, quando saturados em meio aquático são volatilizados para a atmosfera, e podem influenciar as reações desse meio.

A temperatura é um dos parâmetros que está diretamente ligada com as atividades biológicas e o crescimento de seres vivos nos ambientes aquáticos. A temperatura dos pontos coletados apresenta-se dentro dos padrões de normalidade o que significa que não tem nenhum sinal de alteração no meio que possa influenciar na vida aquática desse meio.

9 CONCLUSÃO

Portanto, o monitoramento dos parâmetros físico-químicos, serve como uma ferramenta efetiva para o acompanhamento da qualidade de água. Os resultados obtidos na análise utilizando o multiparâmetro portátil Water Quality Meter AK88 (Akso®), demonstraram que as ações antrópicas interferiram nos padrões de qualidade da água. Com base na pesquisa realizada foi constatado que os níveis de pH encontram-se alterados, em comparação com os padrões da Resolução CONAMA 357/2005, provavelmente a mudança de pH está relacionada a alterações provocadas por substâncias provenientes de despejos domésticos e industriais na área de coleta influenciando na qualidade da água nas sub-bacias situadas na zona rural e zona urbana do município de Ourém e Magalhães Barata (PA), já no caso de Maracanã não foi encontrado alteração em nenhum dos parâmetros. Logo, se faz necessário analisar a qualidade da água periodicamente, afim de melhorar o uso e as propriedades da água tanto para a população como para as espécies aquáticas.

REFERÊNCIAS

- [1] ARCOVA, F.C.S.; CESAR, S.F.; CICCIO, V. Qualidade da água em microbacias recobertas por floresta de Mata Atlântica, Cunha, São Paulo. *Revista do Instituto Florestal de São Paulo*, São Paulo, v.10, n.2, p.185-96, 1998.
- [2] BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; BARROS, M. T. L. de; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. Introdução à engenharia ambiental. São Paulo: Prentice Hall, 2002, 305 p.

- [3] CHAPMAN, D.; KIMSTACH, V. Selection of water quality variables. In: CHAPMAN, D. (Ed.). Water quality assessments - a guide to use of biota, sediments and water in environmental monitoring. 2.ed. London: UNESCO/WHO/UNEP, 1996. p.74-133.
- [4] COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/>> Acesso em: ago. 2018.
- [5] CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. *Resolução no 357 de 17 de março de 2005*. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/>>. Acesso em: 06 agosto 2018.
- [6] ESTEVES, F. A. Fundamentos de Limnologia. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.
- [7] hidrográfica do rio Peixe-Boi, PA, Brasi. Rev. Ambient. Água vol. 11 n. 2 Taubaté – Apr. / Jun.2016.
- [8] FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (FUNASA). Manual de Controle da
- [9] Qualidade da Água para Técnicos que Trabalham em ETAS. 2014. Disponível em:
- [10] <<https://goo.gl/5xAQaQ>>. Acesso em: 29 ago. 2018
- [11] INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA (INMETRO). Informação ao Consumidor - 1998. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtos/praias.asp>>. Acesso em: 29 ago. 2018.
- [12] JENKINS, D.; RICHARD, M.G.; DAIGGER, G.T. Manual on the causes and control of activated sludge bulking and foaming. 2 ed. Michigan, Lewis publishers, 1993.
- [13] KLEEREKOPER, H. Introdução ao estudo da Limnologia. Ed. da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, 1990.
- [14] LÔNDERO, E.; GARCIA, C. Sovergs. Site Higienistas, 2010. Disponível em: . Acesso em: 28 Agosto 2018.
- [15] ONGLEY, E.D., BYNOE, M.C. AND PERCIVAL, J.B., 1996. Physical and geochemical characteristics of suspended solids, Wilton Creek, Ontario. Can. J. Earth Sci., 18: 1365-1379.
- [16] ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). Guidelines for Safe Recreational- water Environments. World Health Organization, 2009. (Coastal and fresh waters, v. 1). Disponível em: <<https://goo.gl/stEB5c>>. Acesso em: 27 ago. 2018.
- [17] PEREIRA, B., W., F. [et al.]. Uso da terra e degradação na qualidade da água na bacia,
- [18] PEREIRA, V.P. Solo: manejo e controle de erosão hídrica. Jaboticabal: FCAV, 1997. 56p.
- [19] POTE, D.H.; REED, B.A.; DANIEL, T.C.; NICHOLS, D.J.; MOORE, P.A.; EDWARDS, D.R. Water-quality effects of infiltration rate and manure application rate for soils receiving swine manure. *Journal Soil and Water Conservation*, v. 56, n. 1, p. 32-37, 2001.
- [20] SANT'ANNA JUNIOR, G.L. Tratamento biológico de efluentes: fundamentos e aplicações. Rio de Janeiro, Interciência, 2010.
- [21] SHANNON, M. C.; GRIEVE, C. M. Tolerance of vegetable crops to salinity. *Scientia Horticulturae*, v. 78, n. 1, p. 5-38, 1999.
- [22] SOUZA, J., R.; MORAES, M., E., B.; SONODA, S., L.; SANTOS, H., C., R., G. A Importância da Qualidade da Água e os seus Múltiplos Usos: Caso Rio Almada, Sul da Bahia, Brasil. REDE -Revista Eletrônica do Prodema, Fortaleza, Brasil, ISSN: 1982-5528, v.8, n.1, p. 26-45, abr. 2014.
- [23] VAZHEMIN, I.G. Chemical composition of natural waters in the VYG river basin in relation to the soil of Central Karelia. *Soviet Soil Science*, Silver Spring, v.4, n.1, p.90-101, 1972.
- [24] VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3.ed. Belo Horizonte: UFMG/ Departamento de Engenharia Sanitária, 2005. v.1, 452p
- [25] VON SPERLING, M. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: Lodos ativados. 2. ed. Belo Horizonte, Universidade Federal de Minas Gerais- UFMG, 1997, v.4, 428 p.

Capítulo 24

Análise de viabilidade de reúso de água proveniente de esgoto para centros educacionais

Guilherme Antonio Marques de Souza

Felipe Pelegrini Cavalcante

Resumo: Sem água não há vida, esse recurso finito e em escassez é essencial para a vida humana e não estamos gerenciando de modo a garantir água potável para todos. Devido a esses fatos se faz necessário reavaliarmos as atitudes tomadas em relação ao consumo de água e sua preservação pois, estudos têm comprovado que a alternativa mais eficaz até o momento é o reúso. O tratamento insuficiente de esgoto para reúso de água é um desperdício econômico para o empreendimento assim como de recursos naturais para o meio ambiente, além de minimizar a transmissão de doenças proveniente da falta de saneamento das cidades, visto que, para cada dólar investido em água e saneamento, economiza-se 4,3 dólares em saúde global. Diante desse cenário, esse trabalho propôs analisar a viabilidade econômica de um sistema de reúso para instituições de ensino superior a partir da caracterização do efluente, dimensionamento do sistema, instalações de infraestrutura, simulação da demanda de reutilização, volume consumido e valor da tarifa pago a rede pública pelo fornecimento de água, afastamento e tratamento de esgoto. O sistema, utilizado por grandes empresas onde tem alta demanda por água em seus processos de fabricação, mas em instituições de ensino superior ainda não é comum, porém cabe também a esse segmento desenvolver trabalhos que visem a abordagem do tema. Os sistemas de tratamento de esgoto para água de reúso, são soluções eficazes e viáveis economicamente, além de ser uma ação sustentável que contribui para a solução da escassez de água.

Palavras-chave: Água; Reúso, Esgoto, Sustentabilidade, Saneamento.

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso essencial à vida humana e apesar de abrangente é finita. Com o passar dos anos aumentou a importância da água no dia a dia e a diminuição da sua disponibilidade para consumo humano.

O reúso e aproveitamento da água é um conceito antigo, porém pouco aplicado devido à aparente disponibilidade e ignorância quanto a sua futura escassez, mas em alguns lugares do mundo é constante a busca por novas tecnologias e métodos de tratamento de água.

Apesar de o Brasil ser um país rico em recursos hídricos, a escassez de água se tornou um tema muito preocupante, principalmente após a crise hídrica ocorrida nos anos de 2014 e 2015, devido a baixos índices pluviométricos e, o assunto reúso de água passou a ser um assunto em discussão. Dessa forma, órgãos públicos e empresas de fornecimento de água no Brasil iniciaram projetos para investimento em sistemas de tratamento de água durante a crise hídrica, porém com o início das chuvas os projetos foram vetados.

Como medida de precaução é necessário pensar em sistemas de reúso e aproveitamento de água, para conservação das nascentes e das águas disponíveis. Um conceito eficaz é destinar águas tratadas provenientes de esgoto para aplicações que não sejam voltadas para o consumo humano. Existe tecnologia capaz de tornar essas águas potáveis, porém as normas e leis vigentes no Brasil não permitem seu uso para esse fim.

Entre as tecnologias conhecidas para tratamento e reaproveitamento de água, a mais desafiadora de implementar é o sistema de reúso de água de esgoto, pois depende de alguns fatores para viabilizar seu investimento.

Um número significativo de empresas já utiliza água de reúso em seus processos industriais, porém em instituições de ensino superior essa prática não é comum. Enquanto as universidades são frequentemente vistas como instituições estagnadas e burocráticas, outras instituições demonstraram ser capazes de, pelo menos, iniciar o caminho da sustentabilidade (CARETO, 2003).

Esse trabalho teve como objetivo estudar a viabilidade do aproveitamento de água de reúso proveniente do esgoto do Centro Universitário Nossa Senhora do Patrocínio - CEUNSP, no campus da cidade de Salto/SP, com um fluxo médio de 4.000 pessoas por dia entre alunos, funcionários e professores.

Foi possível verificar alguns problemas para o projeto e, os custos quanto a sua implementação, operação e manutenção, além das economias geradas pelo sistema e o seu tempo de retorno financeiro.

2. METODOLOGIA

Esse trabalho foi produzido através de levantamento de dados do do Centro Universitário Nossa Senhora do Patrocínio – CEUNSP, campus da cidade de Salto – SP. Esses dados foram obtidos por meio de uma visita local, análise documental e entrevistas com representantes do empreendimento e solicitações de dados via email.

Os dados coletados foram o fluxo de pessoas que frequentam o campus diariamente, a fonte e quantidade de água consumida, o valor das tarifas de água, afastamento e tratamento de esgoto, caracterização do esgoto gerado, esquematização das instalações hidráulicas e de coletas de esgoto, local disponível para instalação do sistema e possíveis finalidades para o reúso da água.

A partir dos dados obtidos, foi realizado o estudo, dimensionamento e custo de uma Estação de Tratamento de Esgoto (ETE), dimensionamento e custo da adequação de infraestrutura para utilização de água de reúso e custo de operação do sistema.

3. DESENVOLVIMENTO

A instituição tem um fluxo médio de 4.000 pessoas por dia e um consumo médio de 2.400 metros cúbicos por mês de água, sendo totalmente fornecida pela rede pública. O valor da tarifa por metro cúbico é de R\$ 11,30 de água, R\$ 2,26 de coleta e afastamento e R\$ 9,49 do tratamento de esgoto.

Pela similaridade do perfil dos usuários de campus estudados para a caracterização do efluente, foram utilizados os dados da dissertação: Caracterização do Efluente Gerado no Campus Poços de Caldas da Universidade Federal de Alfenas (MENEZES, 2017).

O custo orçado em R\$ 180.000,00 para investimento em tubulações de reúso e R\$ 20.000,00 em elevatórias compactas para esgoto. O local disponibilizado para locação da ETE, fica no estacionamento do Campus, porém se faz necessário a construção de fundações do tipo radier, orçado por R\$ 20.000,00.

Quanto as finalidades de água de reúso no campus podem ser utilizados para vasos sanitários, jardinagem e limpezas em geral. Com base nos levantamentos anteriores foi dimensionado e orçado uma ETE compacta, conforme Figura 2, construída em container de 45 metros cúbicos por dia, pelo valor de R\$ 950.000,00 e um custo operacional de R\$ 4.000,00 por mês, já incluso consumíveis.

4.RESULTADOS E DISCUSSÃO

Segundo a NBR 7229 (ABNT, 1993) em escolas (externato) e locais de longa permanência é gerado 50 litros de esgoto por dia. Portanto considerando que o Campus tem um fluxo de 4.000 pessoas por dia, dividido por 3 periodos, resulta em uma demanda de aproximadamente 1.300 metros cúbicos por mês apenas para vaso sanitário. Estima-se consumir ao menos mais 300 metros cúbicos por mês em jardinagem e limpezas em geral, porém esse não foi considerado nos cálculos e sim utilizado como tolerância de consumo.

O rendimento econômico, leva em conta a quantidade de água tratada que irá proporcionar uma redução de R\$ 29.965,00 mensais, tendo em vista que é cobrado uma tarifa de R\$ 23,05 por metro cúbico de água pelo Serviço Autônomo de Água e Esgoto – SAAE. Levando em consideração o valor investido em infraestrutura, na ETE e em operação, o *break even point* será no mês 48, após a estação estar operando, onde a receita supera o valor do investimento e operação do sistema. Ou seja, após 4 anos a instituição economizará R\$ 31.364,41 por mês já deduzindo os custos de operação.

Analisando os resultados, o tempo de retorno do investimento e a economia gerada após o *payback* é satisfatório, ainda que seja necessário adaptações de infraestrutura que oneram o sistema.

Tendo em vista, ainda, que as instituições de ensino superior têm papel de fundamental importância não só no fornecimento de informações e conhecimento como também no processo de desenvolvimento tecnológico, esse projeto também poderá ser utilizada na construção de uma sociedade sustentável e, dessa forma, é indispensável que a própria instituição incorpore práticas de sustentabilidade (TAUCHEN, 2006).

5.CONSIDERAÇÕES FINAIS

Sabendo-se que a água é um recurso limitado e preciso, e que o gerenciando desse recurso não se mostra uma significativa economia. O estudo também mostrou que é possível melhorar a eficiência do uso da água preservando-a para a geração atual e futura de maneira sustentável.

Há viabilidade quanto a utilização de sistemas de reúso de água proveniente do esgoto em instituições de ensino superior, mesmo havendo um baixo consumo de água de reúso comparado as empresas onde é comum essa prática, sendo possível pelas características técnicas da ETE, sendo, compactas, modulares de alta tecnologia e eficiência e relativamente de baixo custo.

Ações de implantação de sistemas como esse em instituições de ensino superior, além dos benefícios econômicos pela redução de consumo de água, promove a prática sustentável, traz independência hídrica para o empreendimento, melhora a imagem externa da organização, reduz os resíduos descartados no meio ambiente, minimiza os impactos a saúde da comunidade e geram oportunidades de pesquisa.

Dessa forma, sugerimos a implementação do sistema não somente no campus de Salto – SP, mas também no campus de Itu - SP, assim como incentivar outras organizações a fazerem uso desse sistema de reúso de água. Pois isso, nos traz uma perspectiva para soluções quanto a escassez de água enfrentada no mundo.

REFERÊNCIAS

- [1] Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR 7229. Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro: ABNT, 1993.
- [2] Careto, H.; Vendeirinho, R. Sistemas de Gestão Ambiental em Universidades: Caso do Instituto Superior Técnico de Portugal. Instituto Superior Técnico de Portugal: Relatório Final de Curso, 2003.
- [3] Ceunsp. Página institucional: Campus Ceunsp Salto – SP. Salto, SP. Disponível em: <<https://www.ceunsp.edu.br/conheca-o-ceunsp/nossa-historia/>>, acesso em: 15/04/2019
- [4] Menezes, L. C. C. Caracterização do Efluente Gerado no Campus Poços de Caldas da Universidade Federal de Alfenas. Poços de Caldas: Unifal-MG, 2017.
- [5] Tauchen, J.; Brandli, L.L. A gestão ambiental em instituições de ensino superior: modelo para a implantação em campus universitário. São Carlos: Gestão e Produção, 2006.
- [6] World Health Organization. UN-water global analysis and assessment of sanitation and drinking-water (GLAAS) 2014 report: investing in water and sanitation: increasing access, reducing inequalities [Internet]. Geneva: World Health Organization, 2014.

Capítulo 25

Revestimento anticorrosivo para proteção de tubulação de aço

Mitsuo Milton Yamasihita

Carolina Antonini Cozar

Vanessa Correa Arantes

Resumo: Milhões de reais são gastos todo ano em pesquisas voltadas para proteção contra corrosão de tubulações de aço. A destruição dos tubos através da oxidação provoca perda de recursos naturais e vazamento de produtos químicos.

Visando atender a uma necessidade do mercado, o qual solicita produtos de alta qualidade e de fácil e rápida aplicação para proteção de dutos aéreos e enterrados, a 3M apresenta uma resina epóxi bi-componente (3M Scotchkote 323) indicada para juntas de campo e reparos do revestimento previamente feito, e um revestimento anticorrosivo tipo fita (Fita 3M 1465BR) de dorso de PVC com adesivo tipo mastic, que garante a integridade da tubulação.

A resina epóxi tem ótimas características em relação à adesão, ao tempo de aplicação e ao de manuseio, à facilidade de aplicação e à resistência química. Já a fita apresenta características de alta resistência mecânica e UV, um adesivo de alta aderência e coesão e como uma barreira contra umidade.

Este trabalho irá apresentar detalhes, assim como dados técnicos, destes produtos.

Palavras-Chave: 3M, corrosão, revestimento, epóxi, fita

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, sabe-se que a corrosão é um dos maiores problemas da indústria, levando os países a investirem cerca de 1% a 3% do seu PIB em produtos e tratamentos de combate à corrosão e em reposição de materiais danificados. Além do fator financeiro, os prejuízos deste processo químico trazem consequências para o âmbito ambiental e para o quesito de desperdício de recursos naturais também. [1]

Com o intuito de reduzir os custos e prejuízos gerados pela corrosão, há uma necessidade de produtos com maior durabilidade e eficácia, assim como mão de obra qualificada e certificações.

2.OBJETIVO

Dessa forma, caminhando junto com esta evolução, a empresa 3M apresenta dois produtos destinados à proteção das superfícies metálicas contra a corrosão. Ambas soluções têm ótima qualidade, performance e fácil aplicação.

3. MATERIAIS UTILIZADOS

3.1 RESINA 3M SCOTCHKOTE 323

3M Scotchkote 323 é um sistema bi-componente de base epóxi, líquido, 100% sólido, projetado para proteger tubulações de aço e outras superfícies metálicas que sofram ação da corrosão. As principais aplicações são como proteção de juntas soldadas, reparos de revestimentos em geral, reabilitação de tubulações ou onde a proteção do metal é requerida.

Além disso, em sua aplicação, não é necessário uso de solvente, admite alta espessura (1140 micra) em uma única aplicação. É aplicável manualmente por pincel ou rolo ou através de pulverização.

Abaixo, na Tabela 6, apresenta-se algumas informações e dados técnicos do produto:

Tabela 6. Informações e Propriedades Técnicas 3M Scotchkote 323

Propriedade	Condições	Valores/ Informações Verde	Unidade	Método de ensaio
Cor	-	-	-	-
Razão de mistura	Em volume	2A:1B	-	-
	Em peso	70,8%A:29,2%B		
Viscosidade (@22°C)	Aplicação Manual	Parte A: 154.000 Parte B: 6.000	cps	-
	Aplicação por Pulverização	Parte A: 90.000 Parte B: 19.000		
Peso Específico (mistura)	-	1,35	-	-
Recobrimento	-	0,74	m ² /kg/mm	-
Temperatura máxima de Operação	Ambiente Seco	121	°C	-
	Ambiente Úmido	95		
Gel Time	@ 24°C	18	min	Massa de 200g
	@ 40°C	11		
Tempo de toque	@ 5°C	420	min	ASTM D1640 cláusula 7.5.2
	@ 24°C	105		
	@ 50°C	26		
Tempo para manuseio	@ 5°C	480	min	ASTM D1640 cláusula 7.5.1
	@ 24°C	159		
	@ 50°C	39		
Descolamento Catódico	65°C, 3,5V, 24h	4,9	mm	CSA Z245.20-98 cláusula 12.8
	65°C, 1,5V, 48h	5,5		
	65°C, 3,5V, 28 dias	7,5		
	80°C, 1,5V, 14 dias	6,4		
	80°C, 1,5V, 28 dias	6,6		
Flexibilidade	20°C	0,7	°/PD	CSA Z245.20-98 cláusula 12.11
	0°C	0,7		
Resistência a abrasão	CS-17 / 1000g / 5000rev	0,325	g massa perdida	ASTM D4060-95

3.2 FITA 3M 1465BR

Fita isolante constituída por um dorso à base de PVC. A este dorso foi laminado um mastic de alto desempenho que serviu como adesivo e um papel siliconizado anti aderente. Associada a fita foi desenvolvido um primer anticorrosivo de borracha sintética e epóxi.

O primer possui uma alta compatibilidade com o adesivo da fita de PVC bem como alta aderência a superfície metálica, proporcionando a tubulação uma completa proteção quando combinado ao uso da fita.

O tempo de secagem do primer também é uma grande vantagem. O tempo médio necessário para secagem é de 15 minutos, podendo chegar a tempos menores (3 a 5 minutos) dependendo da temperatura ambiente do local. Além disso, ele não apresenta nenhuma aderência após secagem, evitando que sejam aderidas poeiras ou sujeiras presentes no campo antes da aplicação da fita.

Abaixo, na Tabela 7, apresenta-se algumas informações e dados técnicos do produto:

Tabela 7. Propriedades Técnicas da Fita 1465BR

Propriedade	Unidade	Valor limite	Método de ensaio
Espessura do filme	mm	0,40 +/-0,05	ASTM D 1000
Espessura da camada adesiva	mm	0,40 +/-0,05	ASTM D 1000
Resistência à tração	N/mm	min 6	ASTM D 1000
Alongamento à ruptura	%	min 160	ASTM D 1000
Absorção de umidade	%	máx 2	ASTM D 570
Rigidez Dielétrica	volts	min 15000	ASTM D 1000
Resistência a Rasgo Longitudinal	N	min 25,0	ASTM D1004
Resistência a Rasgo - Transversal	N	min 25,0	ASTM D1004
Resistência ao impacto aplicado (50% de sobreposição)	J	mín 4,0	ASTM G14
Resistência Química em pH de 4 a 10	Ausência de ataque		ASTM D543
Densidade	g/cm ³	1,1 - 1,4	ASTM D1505
Resistência ao ataque de fungos	-	Nota 1 conf. ASTM G21	ASTM G21
Descolamento Catódico	mm	máx 15	ASTM G8
Aderência ao aço após aplicação da base após 24h	N/mm	min 1,7	ASTM D1000 A
Adesão ao dorso após 24h	N/mm	min 2,0	ASTM D 1000
Temperatura de aplicação	°C	10 - 50	-
Transmissão de vapor de água - 24hrs	g/m ²	máx 9	ASTM E96 (BW)
Holiday Detector	kV	min 10	NACE RP0274
Resistência UV	-	Atende, > 2000 hrs	ASTMG154 Ciclo 3
Resistência a temperatura fita aplicada no aço	24 hs 100°C estufa	Sem alteração visual, bolhas ou fissuras	-
Teste de Aderência	kgf/50mm	Mín. 10	-

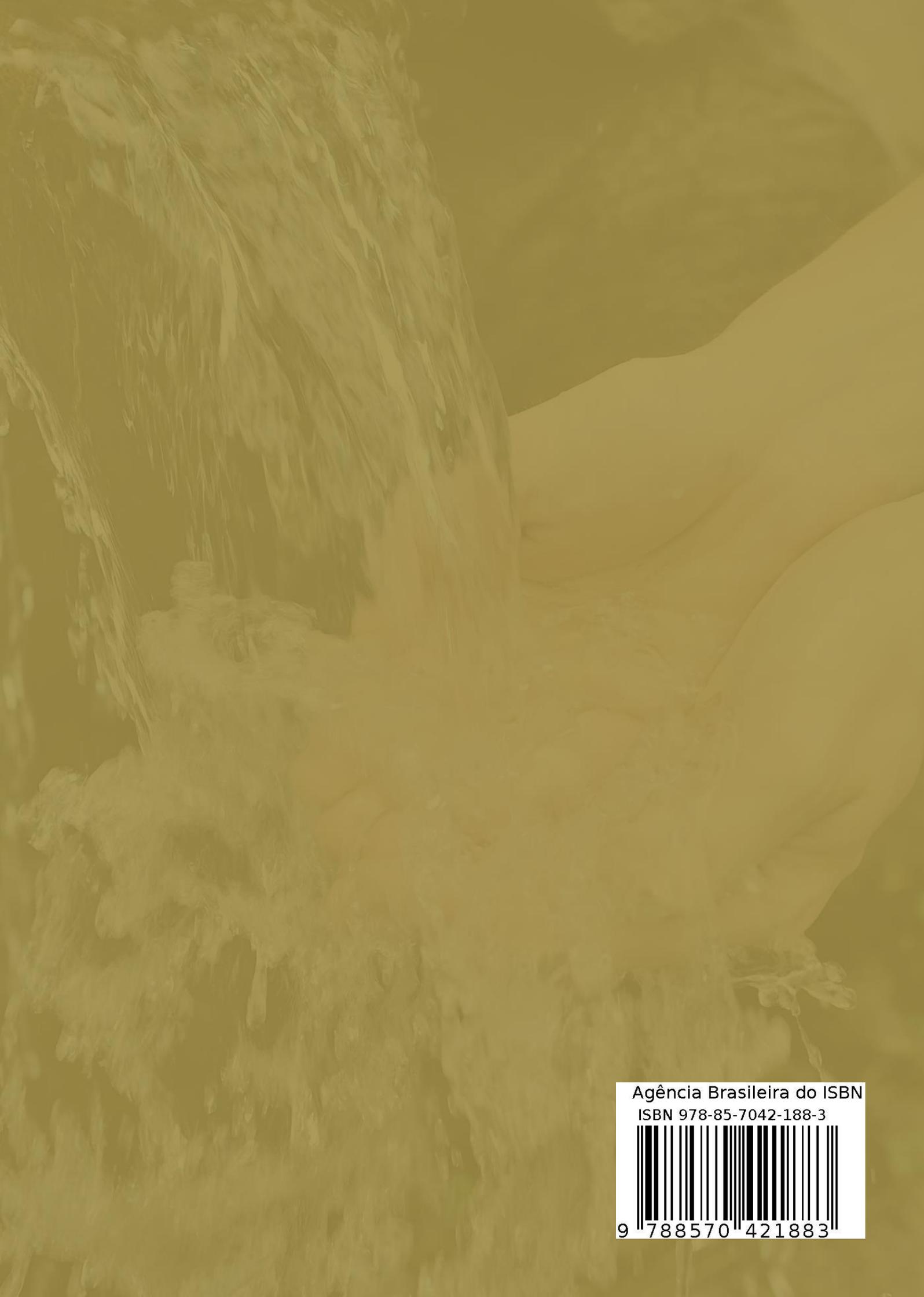
4. CONCLUSÃO

Ambas soluções, descritas neste trabalho, apresentam ótimas características de proteção contra a corrosão. Além do mais, o revestimento em fita de PVC constituiu-se em uma alternativa para as regiões de transição solo/ar, em função de suas características de resistência as intempéries (raios UV).

Em um período em que há a grande preocupação com o desperdício de recursos naturais e o impacto ambiental que um vazamento pode ocasionar, soluções como estas, de alta qualidade e ótima performance, podem fazer a diferença anos após a instalação de um projeto.

REFERÊNCIA

- [1] Revista Macaé Offshore, disponível no site: <http://www.macaeeoffshore.com.br/revista/internas.asp?acao=noticia3&edicao=18>. Acessado no dia 30/04/2015.



Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7042-188-3



9 788570 421883