

# The water and disease relationship: the role of sociocultural and infrastructure aspects in public health in Pão de Açúcar, Alagoas

Relação água e doença: a importância dos aspectos socioculturais e de infraestrutura na saúde pública em Pão de Açúcar, Alagoas

Maria Inês Beltrão<sup>1</sup>; Nélia H. Callado<sup>1</sup>, Vladimir C. B. de Souza<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL, Brasil, mariaines.beltrao@outlook.com; nelia.callado@yahoo.com.br; vcaramori@yahoo.com

**Como citar:** Beltrão, M I., Callado, N. H., & Souza, V. C. B. The water and disease relationship: the role of sociocultural and infrastructure aspects in public health in Pão de Açúcar, Alagoas. *Revista de Gestão de Água da América Latina*, v. 17, e2, 2020. <https://doi.org/10.21168/10.21168/rega.v17e2>.

**ABSTRACT:** The Northeast region of Brazil faces challenges in terms of access to water for its population, even in riverside regions. This work sought to explore not only the relationship between water quality and water supply, but an integrated analysis of the conditions of access to water for different purposes, involving environmental, water quality, socio-cultural and infrastructure aspects. To this end, a case study was carried out in the city of Pão de Açúcar/AL, a city on the banks of the São Francisco River, over 8 months, where macroscopic environmental parameters, the quality of the river water and the public supply system were analyzed, and an epidemiological survey was conducted. Afterwards, a discussion was undertaken on the conditions of access to water in the field of public health, exploring the importance of socio-cultural and infrastructure aspects. The data showed that although the quality of the river water meets the standards of balneability and the human supply water meets the organoleptic standards of potability, there is a high incidence of diarrhea, suggesting that this incidence is more related to socio-cultural aspects (hygiene habits) than to the paradigm of the simple relationship between water and health.

**Keywords:** São Francisco River; Water Quality, Water Diseases.

**RESUMO:** A região Nordeste do Brasil enfrenta desafios quanto ao acesso à água para sua população, mesmo em regiões ribeirinhas. Este trabalho buscou explorar não só relacionar a qualidade da água com doença hídricas, mas uma análise integrada das condições de acesso à água para diferentes fins, envolvendo aspectos ambientais, de qualidade da água, socioculturais, de infraestrutura. Para isso, foi feito um estudo de caso na cidade de Pão de Açúcar/AL, uma cidade as margens do rio São Francisco, ao longo de 8 meses, onde se analisou parâmetros ambientais macroscópicos, a qualidade da água do rio e do sistema de abastecimento público, e foi feito um levantamento epidemiológico. Em seguida, empreendeu-se uma discussão sobre as condições de acesso a água no âmbito da saúde pública, explorando a importância de aspectos socioculturais e de infraestrutura. Os dados mostraram que embora a qualidade da água do rio atenda aos padrões de balneabilidade e as águas de abastecimento humano atendam aos padrões organolépticos de potabilidade, existe grande incidência de diarreias, sugerindo que essa incidência está mais relacionada aos aspectos socioculturais (hábitos de higiene) que ao paradigma da simples relação água e saúde.

**Palavra Chave:** Rio São Francisco; Qualidade da Água, Doenças Hídricas.

## 1. INTRODUÇÃO

A poluição e a degradação da qualidade da água provocam considerável redução da sua disponibilidade para os diversos usos, resultando em perda de segurança hídrica. Sua avaliação não depende apenas do conhecimento relacionado ao aumento da poluição, causado pelas ações antrópicas, mas também da complexidade de suas fontes poluidoras (Ferreira & Cunha-Santino, 2014).

O paradigma que associa a qualidade da água à ocorrência de doenças, por excesso ou deficiência de alguns elementos na sua composição, é fato. No entanto outros fatores podem intervir nessa relação, principalmente os hábitos socioculturais. Oliveira et al. (2015) citam que a higiene, como o simples ato de lavar as mãos e roupas; lavagem dos alimentos utilizados nas refeições, banhar-se; evitar dispor lixo em locais impróprios evitando a proliferação de ratos e insetos; são as formas mais eficazes para evitar doenças.

Na região nordeste do Brasil, os problemas relacionados ao saneamento básico e aos hábitos das populações são históricos, sendo usual o consumo de água sem tratamento, assim como a ausência (ou deficiências severas) na coleta de esgotos e de lixo. Essa realidade ocorre considerando características da região, tanto no semiárido (região de grande escassez hídrica) como em áreas ribeirinhas (como às margens do Rio São Francisco).

Uma característica marcante, nesse caso, é a ocupação difusa, que resulta em fonte de poluição não pontual considerada por Huiliang et al. (2015) como a principal razão para a deterioração da qualidade das águas. Para alterar essa realidade, é necessário prover a população de informações, inclusive sobre a necessidade de mudanças de hábitos para que a mesma aprenda a desfrutar da oferta de serviços de saneamento e entender a importância de sua relação com o ambiente em que vive, ou seja, o modo como ela se apropria e usa os recursos naturais.

O uso de água é indispensável para a manutenção da saúde e da qualidade de vida, para isto ela deve atender determinados padrões. No Brasil, os padrões de qualidade da água são estabelecidos conforme os usos a que se destinam, destacando-se:

- Padrões de potabilidade para o consumo humano: Anexo XX da Portaria 05/2017 do MS (Brasil, 2017);
- Padrões de balneabilidade de águas superficiais: Resolução CONAMA 274/2000 (Brasil, 2000);
- Padrões para enquadramento das águas superficiais: Resolução CONAMA 357/2005 (Brasil, 2005).

A qualidade das águas superficiais pode ser avaliada por uma série de indicadores. O índice de qualidade da água (IQA) foi desenvolvido para avaliar a qualidade da água bruta visando seu uso para o abastecimento público, após tratamento. Sua determinação envolve nove variáveis físico-químicas e microbiológicas, possibilitando avaliar a evolução da qualidade da água no tempo e no espaço, cujos valores servem como indicadores de contaminação causada pelo lançamento de esgotos domésticos (CETESB, 2019).

Outros indicadores usuais para analisar os padrões microbiológicos são o Índice de Padrões Microbiológicos (IPM), que qualifica a água em função da possibilidade de contaminação por organismos patogênicos, e o Índice de Impacto Ambiental Macroscópico (IIAM), que qualifica o resultado do impacto causado ao rio por ações antrópicas por meio de variáveis macroscópicas (Santos Junior et al, 2018).

Em Pão de Açúcar, cidade alagoana situada às margens do rio São Francisco, a população faz uso das águas do rio tanto para recreação e pesca (contato primário) quanto para consumo humano a partir do sistema público de abastecimento. Buscar o conhecimento da realidade do uso da água em comunidades ribeirinhas, cuja população tem acesso limitado às medidas de saneamento, é de extrema importância para contribuir com a melhoria da qualidade de vida dessas pessoas (Beltrão & Callado, 2017).

O São Francisco é um rio de integração nacional, pois liga a região sudeste e centro-oeste com o nordeste brasileiro. Nasce na Serra da Canastra em Minas Gerais e percorre cerca de 2700 km, até chegar a sua foz na divisa de Sergipe e Alagoas, com vazão média de 2.980 m<sup>3</sup>/s e área de drenagem de 634.781 km<sup>2</sup>, representando 8% do território nacional (Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, 2020).

Ao longo dos anos, ações antrópicas, no rio São Francisco, principalmente supressão da mata ciliar, lançamentos de esgoto urbano e de atividade agropecuária, e barramentos ao longo de seu curso, entre outros, vem prejudicando a qualidade de suas águas (Nascimento et al., 2013). Nesse contexto, o presente estudo buscou uma análise integrada da qualidade da água disponível para a comunidade da sede urbana de Pão de Açúcar, envolvendo aspectos ambientais, de qualidade da água, socioculturais, de infraestrutura e a ocorrência de doenças hídricas.

## MATERIAL E METODOS

O desenvolvimento do trabalho consistiu na identificação da área de estudo, levantamento da qualidade das águas do rio e da rede pública de distribuição, aplicação de indicadores de qualidade, estudo epidemiológico e observação dos aspectos socioculturais e de infraestrutura da área em estudo. Por fim, as formas de disseminação das doenças, apontadas no levantamento epidemiológico, foram associadas aos fatores socioambientais, de qualidade da água e de infraestrutura como descrito pela Organização Mundial da Saúde (World Health Organization, 2014).

## ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreendeu a orla urbana da sede do Município de Pão de Açúcar/AL, que faz parte da Microrregião Santana do Ipanema e possui área territorial de 693,7 km<sup>2</sup>. Segundo o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2020), no município de Pão de Açúcar, a população total para 2019 é de 24.399 habitantes, com cerca de 45% na área urbana, o que corresponde a cerca de 11.200 habitantes. A Figura 1 ilustra a localização da área de estudo.

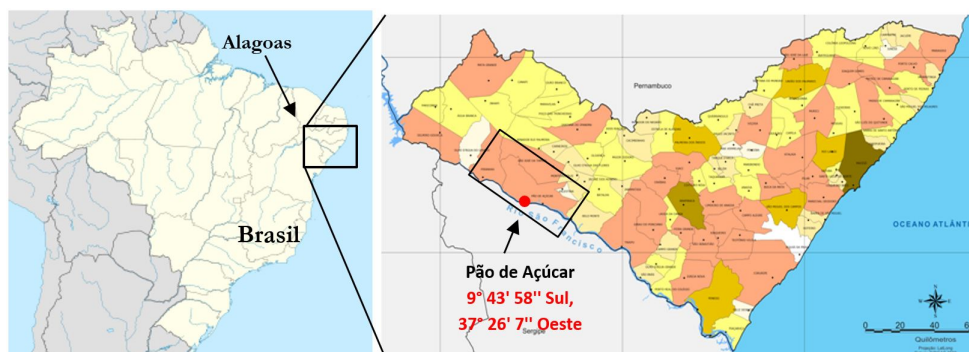


Figura 1. Localização do município de Pão de Açúcar. Fonte: Adaptado de Alagoas (2013).

## LEVANTAMENTO DE DADOS DE QUALIDADE DE ÁGUA

Foram coletadas amostras de água no Rio São Francisco e na rede pública de distribuição de água, por um período de 8 meses no ano de 2016, envolvendo uma estação chuvosa (abril a julho) e outra seca (agosto a novembro). No Rio São Francisco foram selecionados e mapeados 5 pontos na orla urbana de Pão de Açúcar (PO1 a PO5), distantes entre si cerca de 250 m, como apresentado na Figura 2. Em cada ponto foi identificado seu uso preponderante e a qualidade da água foi comparada com os requisitos da Resolução 357/2005.



Figura 2: Localização dos 5 pontos de coleta de água (PO1 a PO5) e seus usos preponderantes

Na rede de distribuição de água, a quantidade de amostras seguiu as recomendações pelo Anexo XX da Portaria 05/2017 do Ministério da Saúde, que define que para uma população menor que

50.000 habitantes sejam definidos um mínimo de 10 pontos de amostragens mensais em reservatórios e redes (PR1a PR10). Desta forma, a Figura 3 indica os pontos de amostragem utilizados neste trabalho.

Nos 5 pontos da orla do Rio São Francisco no município de Pão de Açúcar (PO1 a PO5), foram realizadas coletas quinzenais de amostras de água. Na rede pública, a amostragem foi mensal, sendo o PR1, PR2, PR3, PR4 e PR5 coletados nos primeiros quinze dias de cada mês e PR6, PR7, PR8, PR9 e PR10 coletados nos últimos quinze dias do mesmo mês.

As coletas de água ocorreram em garrafas de polietileno de 1,0 L, em seguida foram armazenadas em bolsa térmica para mantê-las resfriadas durante o período de transporte, de cerca de 3,5 horas, até o Laboratório de Saneamento Ambiental da Universidade Federal de Alagoas (LSA) em Maceió.

Os parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos de qualidade da água selecionados compreenderam temperatura, cor, turbidez, pH, alcalinidade total, dureza, oxigênio dissolvido (OD), demanda química de oxigênio (DQO), demanda bioquímica de oxigênio (DBO<sub>5,20</sub>), nitrogênio orgânico (N-org), nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>4</sub>), nitrito (N-NO<sub>2</sub>), sulfato, coliformes totais, *Escherichia Coli* e cloro residual livre.

A temperatura, o pH, o OD e o cloro residual livre foram obtidos *in situ*, com equipamentos de campo portáteis. As demais análises foram realizadas no LSA seguindo a metodologia definida em APHA, AWWA, WPCF (American Public Health Association, 2005).

A análise dos dados foi feita a com tratamento estatístico por média e desvio padrão das variáveis analisadas em cada ponto estudado. A qualidade da água do Rio São Francisco foi analisada a partir dos valores definidos nas Resoluções CONAMA 274/2000 e 357/2005, e a qualidade da água da rede de distribuição foi analisada a partir dos valores de referência do Anexo XX da Portaria 05/2017 do Ministério da Saúde.

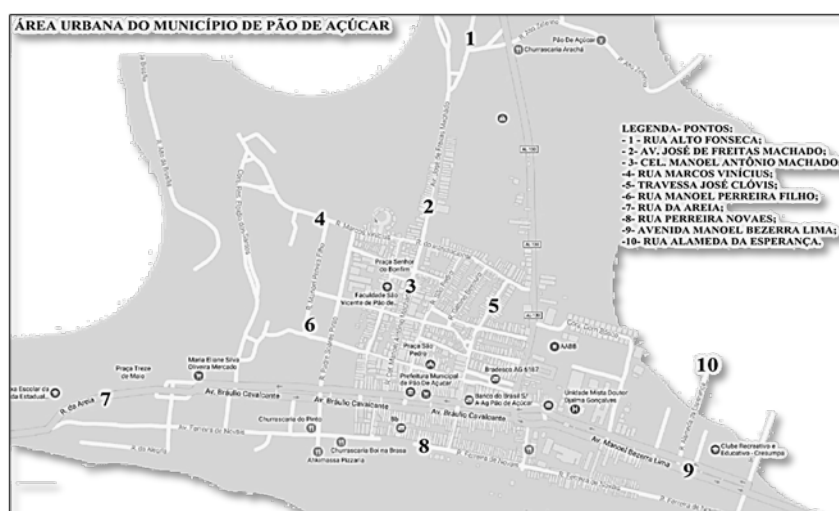


Figura 3: Localização dos dez pontos de coleta na Rede Pública (PR1 a PR10).

### INDICADORES DE QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO

A qualidade das águas do Rio São Francisco foi analisada utilizando-se o índice de qualidade da água (IQA), o indicador de padrão microbiológico (IPM) e o Índice de Impacto Ambiental Macroscópico (IIAM) em cada ponto estudado.

O IQA foi calculado pelo produto ponderado das nove variáveis que integram o índice (oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio (5 dias, 20°C), coliformes fecais, nitrogênio total, fósforo total, sólidos totais, pH, turbidez e variação da temperatura (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, 2019).

O IPM foi trabalhado conforme o proposto por Felipe & Junior (2012) em função da possibilidade de contaminação por organismos patogênicos, com intervalos de classes obtidos pela aplicação do “método de quebra natural de Jenks”, que tem como objetivo encontrar os intervalos de classes de modo a minimizar a variância dentro das classes, para que esses grupos possuam probabilidades estimadas semelhantes.

O IIAM foi calculado através da metodologia proposta por Gomes et al. (2005) e posteriormente tratado por Felipe & Magalhães Junior (2009), Oliveira et al. (2013), Santos Junior et al. (2018), entre

outros, para adaptar o IIAM à realidade brasileira. O IIAM busca interpretar a qualidade ambiental de corpos hídricos e o grau de preservação do rio. Os parâmetros macroscópicos analisados foram cor aparente, odor, presença de lixo, materiais flutuantes, espumas e óleos, esgoto, vegetação, uso de animais, ação humana, acesso, e proximidade com equipamentos urbanos. Os dados primários para aplicação do IIAM foram obtidos em campo em período chuvoso e de tempo seco, e foram pontuados de acordo com a Tabela 1, e a Tabela 2 apresenta os três indicadores que qualificam a água em cinco classes com seus respectivos intervalos de pontuação.

**Tabela 1.** Intervalos de Classificação do IQA, IPM e IIAM

PARÂMETRO	PONTUAÇÃO: 1	PONTUAÇÃO: 2	PONTUAÇÃO: 3
Cor da água	Escuro	Claro	Transparente
Odor	Cheiro Forte	Cheiro fraco	Sem cheiro
Lixo ao redor	Muito	Pouco	Sem cheiro
Materiais Flutuantes	Muito	Pouco	Sem mat. flutuante
Espumas e óleos	Muito	Pouca	Sem espumas e óleo
Esgoto	Esgoto doméstico	Fluxo superficial	Sem esgoto
Vegetação	Alta degradação	Baixa degradação	Preservação
Uso de animais	Presença	Apenas marcas	Não detectado
Ação Humana	Presença	Apenas marcas	Não detectado
Proximidade de residência	<50m	Entre 50 a 100 m	>100m

Fonte: Adaptado de Santos Junior et al. (2018).

**Tabela 2.** Intervalos de Classificação do IQA, IPM e IIAM

CLASSIFICAÇÃO	IQA	IPM		IIAM
	PONTUAÇÃO	C-TOTAL (NMP)	E-COLI (NMP)	PONTUAÇÃO
Ótima	79 - 100	0	0	31 - 33
Boa	51 - 79	0 - 360	0 - 120	28 - 30
Regular	36 - 51	361 - 840	121 - 360	25 - 27
Ruim	19 - 36	841 - 4.140	361 - 900	22 - 24
Péssima	00 - 19	4.141 - 15.000	901 - 3.000	< 21

Fonte: Adaptado de CETESB (CETESB, 2019), Felipe & Junior (2012), Santos Junior et al. (2018).

## ESTUDO EPIDEMIOLÓGICO

Foi realizado um estudo epidemiológico analítico com o objetivo de levantar as doenças mais frequentes e associá-las aos fatores socioambientais observados.

O levantamento das doenças foi feito a partir de dados secundários disponibilizados pela Secretaria Estadual de Saúde de Alagoas e pelas Unidades de Saúde do município de Pão de Açúcar, referentes ao período de 2011/2016 (6 anos) com dados constantes no Sistema de Informação da Atenção Básica (SIAB-DATASUS, 2019). Os dados foram tabelados de acordo com sua ocorrência e incidência anual de acordo com a equação 1.

$$ID = D \times 100.000 / P \quad (1)$$

Onde: ID é a Incidência de Doenças (casos por 100.000 habitantes); D é o número de casos da doença; P é a população (habitantes).

## ASPECTOS SOCIOCULTURAIS E DE INFRAESTRUTURA

O levantamento dos fatores socioculturais e de infraestrutura para avaliar as condições sanitárias da população e sua relação com as doenças de veiculação hídrica foi realizado por meio de visitas técnicas ao município (para observação visual) e conversas informais com a população (para estudo observacional descritivo) durante a aplicação de 260 questionários, equivalentes a cerca de 5% dos 5219 domicílios, distribuídos nos sete bairros reconhecidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2019) na área urbana do município de Pão de Açúcar. O questionário foi baseado na realidade do município e nos dados notificados pelo DATASUS, com informações socioculturais

(hábitos e higiene) e infraestrutura (condições do domicílio e saneamento básico: abastecimento de água, esgotamento sanitário e disposição de resíduos sólidos).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO E SEUS USOS PREPONDERANTES

De montante para jusante, a população de Pão de Açúcar faz diferentes usos das águas do Rio São Francisco na orla urbana, podendo ser definidos os seguintes usos preponderantes:

- Ponto 1 - uso pontual, onde é feita a captação da água para o abastecimento público da cidade sob responsabilidade da Companhia de Saneamento de Alagoas (CASAL). Neste ponto o uso preponderante é o abastecimento humano com simples desinfecção. Uma vez que não há estação de tratamento de água na cidade, a água é simplesmente clorada e distribuída. Pela Resolução CONAMA 357/2005, conforme o uso preponderante, o rio deveria ser enquadrado, neste trecho, como classe especial.
- Ponto 2 - uso difuso, localizado na frente de um restaurante. Seu uso preponderante é recreação de contato primário. É o local de praia fluvial da cidade, com frequente presença de banhistas. Pela Resolução CONAMA 357/2005, para esse uso preponderante, neste ponto o rio deve ser enquadrado como classe I ou classe II.
- Ponto 3 - também de uso difuso, fica localizado na frente de uma churrascaria. Nesse ponto, o uso preponderante é ancoradouros de barcos de pesca, portanto, de contato secundário. Pela Resolução CONAMA 357/2005, para esse uso, o rio pode ser enquadrado como classe III nesse ponto.
- Ponto 4 - localiza-se nas proximidades de um restaurante, tem uso difuso com predominância de ancoradouros de barcos para travessia de pessoas e, portanto, de contato secundário. Pela Resolução CONAMA 357/2005, para esse uso, o rio poderia ser enquadrado como classe III nesse ponto.
- Ponto 5 - de uso difuso, localizado defronte a uma unidade de emergência de saúde do município e de banheiros públicos, tendo como uso preponderante ancoradouros de barcos de pesca, como uso de contato secundário e dessedentação animal. Pela Resolução CONAMA 357/2005, para esse uso, o rio pode ser enquadrado como classe III. Este é o ponto que apresenta maior aparência de degradação, com visível descarte de esgoto e lixo. Sendo localizado em uma enseada do rio, sua dinâmica hídrica torna o ambiente mais vulnerável a ações antrópicas de introdução de resíduos, podendo causar efeitos negativos à biota, à saúde e às atividades humanas como navegação, pesca, aquicultura e recreação, e se observa a proliferação de algas devido a um processo de eutrofização.

Os valores médios dos parâmetros analisados nos cinco pontos da orla urbana estão apresentados na Tabela 3, agrupados por tempo chuvoso e seco.

A temperatura média da água no trecho urbano apresentou pequena variação, com valor médio de 24,6 °C no período chuvoso e de 25,2 °C no período de estiagem. A turbidez cresce de montante (ponto 1) para jusante (ponto 5), aumentando de 7,03 UNT para 10,8 UNT no período chuvoso, e de 6,8 UNT para 9,8 UNT no período seco, respectivamente para o ponto PO1 (captação de água) e ponto PO5 (dessedentação animal).

**Tabela 3.** Valores médios dos parâmetros analisados.

PARÂMETROS	PERÍODO SECO		PERÍODO CHUVOSO	
	MÉDIA	DP	MÉDIA	DP
Temperatura, °C	25,20	0,36	24,6	0,58
Turbidez, NTU	8,08	0,79	9,49	3,04
Cor verdadeira, UC	8,20	2,91	7,00	3,30
pH	8,90	0,41	7,85	0,72
Alcalinidade total, mg CaCO <sub>3</sub> .L <sup>-1</sup>	84,90	0,97	38,80	13,58
Dureza, mg.L <sup>-1</sup>	82,90	35,00	42,00	9,05
OD, % saturação	8,80	3,20	12,80	6,12
DBO <sub>5, 20</sub> , mg O <sub>2</sub> .L <sup>-1</sup>	14,80	15,90	3,50	4,50
DQO, mg.L <sup>-1</sup>	60,46	30,71	13,39	9,98
Fósforo total, mg P.L <sup>-1</sup>	0,06	0,01	0,04	0,01

PARÂMETROS	PERÍODO SECO		PERÍODO CHUVOSO	
	MÉDIA	DP	MÉDIA	DP
N-orgânico, mg N.L <sup>-1</sup>	0,83	0,13	12,00	0,17
N-amoniacoal, mg N.L <sup>-1</sup>	1,60	1,23	0,59	0,12
N-Nitrito, mg N.L <sup>-1</sup>	0,53	0,26	0,06	0,19
Coliformes Totais, NMP/100mL	101,46	38,38	101,00	32,70
<i>Escherichia Coli</i> , NMP/100mL	134,71	25,95	67,00	31,26

A cor verdadeira segue a mesma tendência da turbidez, aumentando de montante (PO1) para jusante (PO5), variando de 5,0 UC para 33,0 UC no período chuvoso, e de 3,0 UC para 10,0 UC no período seco, respectivamente para os pontos PO1 e PO5. Os valores desses três parâmetros físicos atendem aos padrões estabelecidos para mananciais de classe II pela Resolução CONAMA 357/2005.

O pH, a alcalinidade total e a dureza da água apresentam-se levemente inferiores no período chuvoso. Os valores de pH ficaram entre 7,85 a 8,90, a alcalinidade variou de 58,8 mg.CaCO<sub>3</sub>.L<sup>-1</sup> a 84,9 mg.CaCO<sub>3</sub>.L<sup>-1</sup>, e a dureza de 42 mg.L<sup>-1</sup> a 82,9 mg.L<sup>-1</sup>, respectivamente para o período chuvoso e estiagem. Sempre apresentando uma leve tendência de aumento do P1 para o P5. Segundo a Resolução CONAMA 357/2005, os valores de pH para Classe II de mananciais devem estar situados entre 6,0 e 9,0.

De acordo com a Resolução CONAMA 357/2005, o teor mínimo de oxigênio dissolvido (OD) no rio classe II e de 6 mg.L<sup>-1</sup>. A saturação média de OD no trecho estudado foi de 12,8 ± 6,12% nos períodos chuvosos e de 8,8 ± 3,2% no período seco. Esse resultado significa que, para as condições de temperatura (25°C) e altitude (15 m acima do nível do mar) do trecho estudado, representa cerca de 1,5 mg.L<sup>-1</sup>, abaixo dos valores desejáveis para rio classe II. A baixa concentração de OD influenciou no valor médio da DBO<sub>5,20</sub> no trecho, que foi de 3,5 ± 4,5 mg.O<sub>2</sub>.L<sup>-1</sup> no período chuvoso e de 14,8 ± 15,9 mg.O<sub>2</sub>.L<sup>-1</sup> no período seco, ou seja, acima do valor máximo estabelecido para rio classe II (Resolução CONAMA 357/2005) que corresponde a 3 mg.O<sub>2</sub>.L<sup>-1</sup>. O PO5 apresentou o maior valor médio, igual a 17,3 ± 8,0 mg.O<sub>2</sub>.L<sup>-1</sup> no período seco.

Mesmo que a DQO não seja um parâmetro da Resolução CONAMA 357/2005 (Brasil, 2005), ele é relevante no estudo de qualidade da água, pois é de fácil determinação e sua correlação com a DBO, indica o grau de biodegradabilidade da matéria orgânica presente na água. Para verificar o grau de correlação DQO/DBO, estes dados foram submetidos a uma regressão linear de onde foi obtido uma equação e seu coeficiente de correlação (Figura 4), que se mostraram bem ajustados, isso indica um grau de linearidade positiva entre as duas variáveis, com R<sup>2</sup> = 0,8595 e r = 0,927099, permitindo assim estimar a DBO através da DQO.

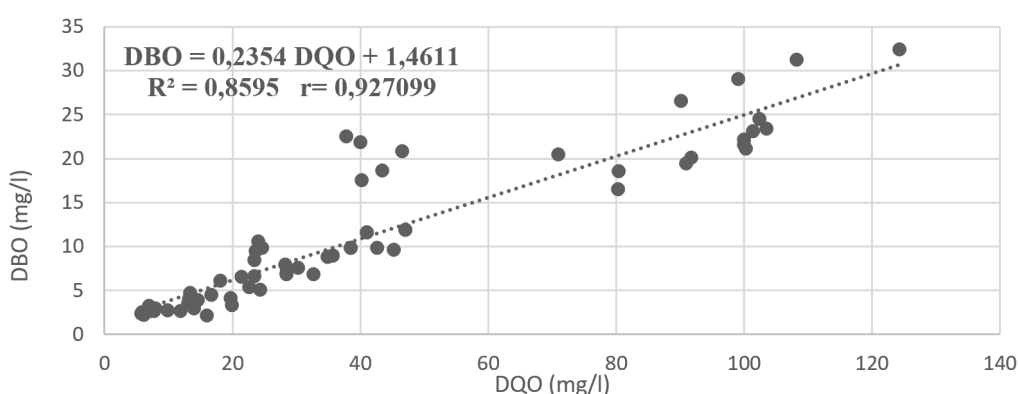


Figura 4: Grau de Correlação DQO/DBO Rio São Francisco no período chuvoso e seco

No trecho estudado, a DQO média no trecho estudado foi de 13,39 ± 9,98 mg/L no período chuvoso 60,46 ± 30,71 mg.L<sup>-1</sup> no período seco, sendo o ponto PO5 o que apresentou maior valor médio, 71,18 ± 33,38 mg.L<sup>-1</sup> no período seco. A razão media DQO/DBO foi de 3,32 ± 1,25 no período chuvoso e de 3,26 ± 1,22 no período seco. Para Von Sperling (2005) valores inferiores a 5,0, indicam que uma grande parte da carga orgânica pode decompor-se bioquimicamente de forma natural. Essa degradação pode ter influência



climática, altas temperaturas, típico do clima Tropical quente e seco, acelera a velocidade das reações químicas.

Quanto aos nutrientes nitrogênio e fósforo, o valor médio de nitrogênio amoniacal obtido no trecho foi de  $0,59 \pm 0,12$  mg.N.L<sup>-1</sup> para um pH  $7,85 \pm 0,72$  no período chuvoso e  $1,60 \pm 1,23$  mg.N.L<sup>-1</sup> para período seco para um pH  $8,9 \pm 0,41$ . O valor mínimo foi em PO1, igual a  $0,4 \pm 0,10$  mg.N.L<sup>-1</sup> para um pH de  $7,33 \pm 0,87$  no período chuvoso. O máximo foi em PO5, igual a  $1,77 \pm 1,29$  mg.N.L<sup>-1</sup> para um pH  $9,87 \pm 0,55$  no período seco. Portanto, não houve valores médios fora dos parâmetros estabelecidos pela Resolução do Conama 357/2005 considerando classe II.

O valor médio mínimo de fósforo total foi de  $0,03 \pm 0,01$  mg.P.L<sup>-1</sup> no PO4 no período chuvoso e o valor médio máximo de  $0,07 \pm 0,002$  mg.P.L<sup>-1</sup> no PO5 no período seco. Infere-se que no PO5 a concentração de fósforo está acima do valor padrão estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 para água doce de classe II, que é de  $0,03$  mg.L<sup>-1</sup>, o que explica a eutrofização observada neste ponto.

Os parâmetros bacteriológicos, apresentaram valores considerados baixos. Os coliformes totais (CT) apresentaram valor médio de  $101 \pm 32,7$  NMP/100 mL no período chuvoso e  $134 \pm 25$  NMP/100 mL no período seco. Já com relação a *Escherichia Coli* no período de estiagem foi observado um valor de  $101,85 \pm 38,4$  NMP/100 mL, enquanto que no período chuvoso foi de  $67,0 \pm 31,3$  NMP/100 mL. Para esses dados, a resolução CONAMA 274/2000, classifica as águas do rio São Francisco, na orla urbana de Pão de Açúcar, como excelente, visto que as amostras obtidas em cada ponto, apresentaram menos que 250 CT/100mL e menos que 200 E-coli/100 mL.

De maneira geral, no período chuvoso, o aumento do volume do rio ocasiona uma diluição dos compostos presentes na água, isso leva à queda das reações químicas e da concentração dos componentes químicos e bacteriológicos presentes na água do rio, embora se verifique um leve aumento da cor e turbidez.

A análise dos parâmetros avaliados nos cinco pontos de monitoramento do rio São Francisco indica que a qualidade de água apresenta tendência de deterioração no sentido do escoamento de suas águas como consequência de seus usos na área urbana.

### 3.2 INDICADORES DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO

A classificação do trecho de rio, segundo os indicadores aplicados estão apresentadas na Tabela 4.

**Tabela 4.** Classificação das águas do Rio São Francisco segundo o IQA

PONTOS		CLASSIFICAÇÃO					
		IQA		IPM		IIAM	
				C-TOTAL	E-COLI		
PO1	Chuvoso	$63,80 \pm 0,20$	BOA	BOA	BOA	28	BOA
	Estiagem	$63,48 \pm 0,31$	BOA	BOA	BOA		
PO2	Chuvoso	$63,80 \pm 0,30$	BOA	BOA	BOA	24	RUIM
	Estiagem	$63,39 \pm 0,28$	BOA	BOA	BOA		
PO3	Chuvoso	$63,81 \pm 0,44$	BOA	BOA	BOA	23	RUIM
	Estiagem	$63,33 \pm 0,28$	BOA	BOA	BOA		
PO4	Chuvoso	$63,76 \pm 0,38$	BOA	BOA	BOA	22	RUIM
	Estiagem	$63,26 \pm 0,27$	BOA	BOA	REGULAR		
PO5	Chuvoso	$63,71 \pm 0,20$	BOA	BOA	BOA	13	PESSIMA
	Estiagem	$63,24 \pm 0,07$	BOA	BOA	REGULAR		
GERAL	Chuvoso	$63,67 \pm 0,31$	BOA	BOA	BOA		
	Estiagem	$63,34 \pm 0,24$	BOA	BOA	REGULAR		

#### 3.2.1. Indicador de Qualidade da água

Os valores IQA calculados para os cinco pontos durante os períodos de estiagem e chuvoso foram muito semelhantes e mostram que a qualidade das águas do rio São Francisco, em relação aos nove parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos, é classificada como “Boa” para o abastecimento público após tratamento, e que os valores não sofreram influência da sazonalidade, nem ao longo de seu curso, embora os parâmetros de qualidade da água mostrem uma tendência de deterioração de montante para jusante.

Trabalho realizado por Peres (2012) sobre a qualidade da água do rio São Francisco nos municípios de Petrolina/PE e Juazeiro/BA mostrou que o IQA decresceu de Ótima/Boa a montante



para Boa/Péssima a jusante do trecho urbano, e que recuperando sua qualidade após sair da zona de influência da área urbana.

### 3.2.2. Indicador de padrão microbiológico

O indicador de padrão microbiológico (IPM) mostra que nos pontos PO1, PO2, e PO3 as águas são classificadas sempre na categoria “boa”, tanto em período seco quanto chuvoso, tanto em relação a coliformes totais quanto *Escherichia Coli*, com valores inferiores a 180 NMP/100 mL. Já os pontos P4 e P5, em períodos de estiagem são classificadas como “razoável” com presença de CF em valores superiores a 400 NMP/100 mL e de *Escherichia Coli* da ordem de 150 NMP/100 mL. Vale ressaltar, como já discutido anteriormente, que, de forma geral, a Resolução CONAMA 274/2000 classifica essas águas como excelentes, o que indica baixo potencial de contaminação por patogênicos.

### 3.2.3. Índice de Impacto Ambiental Macroscópico

A avaliação dos parâmetros macroscópicos (IIAM) avaliados nos cinco pontos da orla de Pão de Açúcar mostrou uma coloração transparente em PO1, clara em PO2 e PO3, e escura em PO4 e PO5. Em PO1 não se verificou odor, nos pontos PO2, PO3 e PO4 eventualmente se verificavam odores, mas em P5 o odor era constante.

Em nenhum ponto foram observados óleos e espumas. Foi verificado despejo de esgoto doméstico bruto em P5, observada a presença de lixo (sacolas plásticas, embalagens, papéis, latarias, restos de alimentos) e materiais flutuantes na água (embalagens plásticas) em todos os pontos, principalmente em PO5. A exceção foi PO1, local da captação, por esse ser o ponto mais afastado do centro urbano, pouco frequentado pela população e onde dificilmente se encontrava lixo.

A vegetação da margem do rio foi alterada, composta principalmente por gramíneas nos pontos PO2 e PO5, e completamente sem vegetação nos pontos PO3 e PO4. O ponto PO1 é o único onde ainda se verifica alguma mata ciliar. Em PO2, PO3 e PO4, por se tratarem de áreas de recreação e ancoradouros, foi verificada a maior presença de pessoas e apenas rastros de animais, mas em P5 era frequente a presença de animais e pessoas. Em PO1, embora menos frequente, se observam atividades de recreação.

Os pontos PO2, PO3 e PO4 são de fácil acesso, embora seja necessário descer um terreno íngreme. P5 é o ponto de mais fácil acesso, pois não tem declividade excessiva. O PO1 é de acesso mais restrito, por ser o ponto de captação de água para abastecimento humano. Os equipamentos urbanos estão a uma distância superior a 100 m dos pontos PO1, PO2, PO3 e PO4, mas em PO5 existe a proximidade de banheiros públicos e unidades de saúde.

Os parâmetros que mais contribuíram de forma negativa para o IIAM foram o uso humano e acesso direto, devido às atividades de turismo, lazer e ancoradouro de barcos em PO2, PO3 e PO4, além da presença de animais e lixo no ponto PO5. Esses parâmetros são de caráter essencialmente antrópico e que poderiam ser minimizadas com ações de educação ambiental.

De forma geral o IIAM mostra que o rio sofre o impacto antrópico da cidade com consequente queda do indicador de montante para jusante. Embora o ponto PO1 tenha apresentado o maior IIAM, esse ponto merece atenção por se tratar de uma área de captação de água para consumo humano apenas com tratamento químico por cloração e, portanto, o seu acesso deveria ser restrito por meio de controle de portões de acesso e sem a permissão de atividades de recreação.

## 3.3 QUALIDADE DA ÁGUA DA REDE PÚBLICA DE DISTRIBUIÇÃO

Os principais dados de qualidade da água distribuída na cidade de Pão de Açúcar estão apresentados nas Figuras de 5 a 8. Observa-se uma queda do pH da água tratada em relação a água bruta do Rio São Francisco, no ponto de captação, provavelmente devido a adição do cloro líquido (hipoclorito de sódio) que em pH maior que 7 se dissocia formando hipoclorito e liberando hidrogênio, e a baixa alcalinidade e dureza da água bruta, mas os valores se mantiveram em conformidade com os padrões de potabilidade do anexo XX da Portaria n. 5/2017 do Ministério da Saúde. O valor de alcalinidade observada foi de  $14,88 \pm 8,96 \text{ mgCaCO}_3\cdot\text{L}^{-1}$  e a dureza total, que se caracteriza pela presença de cálcio e magnésio, apresentou valor médio de  $26,98 \pm 2,34 \text{ mgCaCO}_3\cdot\text{L}^{-1}$ . Os pontos PR5, PR8, PR9 e PR10 apresentaram valor acima da média descrita, mas abaixo de  $50 \text{ mgCaCO}_3\cdot\text{L}^{-1}$ , mostrando que a água fornecida pela Rede Pública, podendo ser classificada como água mole.

A cor verdadeira apresentou-se com valor médio de  $2,5 \pm 0,95 \text{ UC}$ , sendo o PR4, PR8, PR9 e PR10 os de maiores valores, mas inferiores ao limite de 5 UC dos padrões de potabilidade. Da mesma forma

o valor médio da turbidez variou de  $1,44 \pm 1,0$  a  $3,93 \pm 1,47$  UNT, inferiores ao limite de 5 UNT imposto pelos padrões de potabilidade.

A concentração de cloro residual livre era alta, variando de  $1,35 \text{ mg.L}^{-1}$  a  $2,2 \text{ mg.L}^{-1}$ . O anexo XX da Portaria 05/2017 estabelece como valor mínimo em ponta de rede de  $0,2 \text{ mg.L}^{-1}$  e que o valor máximo seja de  $2 \text{ mg.L}^{-1}$ . Mesmo assim, os Coliformes Totais (CT) apresentaram valor de  $2,17 \pm 2,37 \text{ NMP/100 mL}$ , com maiores valores médios nos pontos PR4, PR6, PR8, PR9 e PR10. Nestes pontos os valores de *Escherichia Coli* foram de  $1,12 \pm 0,21 \text{ NMP/100 mL}$ ,  $1,71 \pm 1,12 \text{ NMP/100 mL}$ ,  $2,62 \pm 1,5 \text{ NMP/100 mL}$ ,  $3,18 \pm 3,12 \text{ NMP/100 mL}$  e  $3,25 \pm 3,18 \text{ NMP/100 mL}$ , respectivamente.

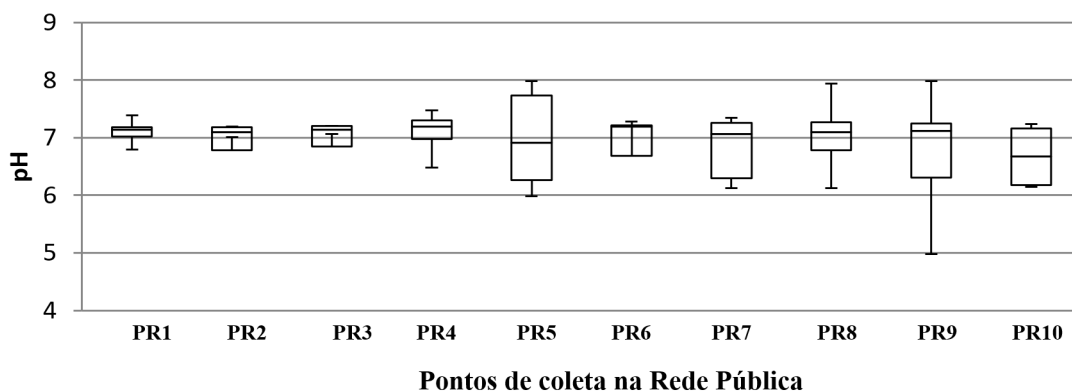


Figura 5. Variação do pH na rede de distribuição.

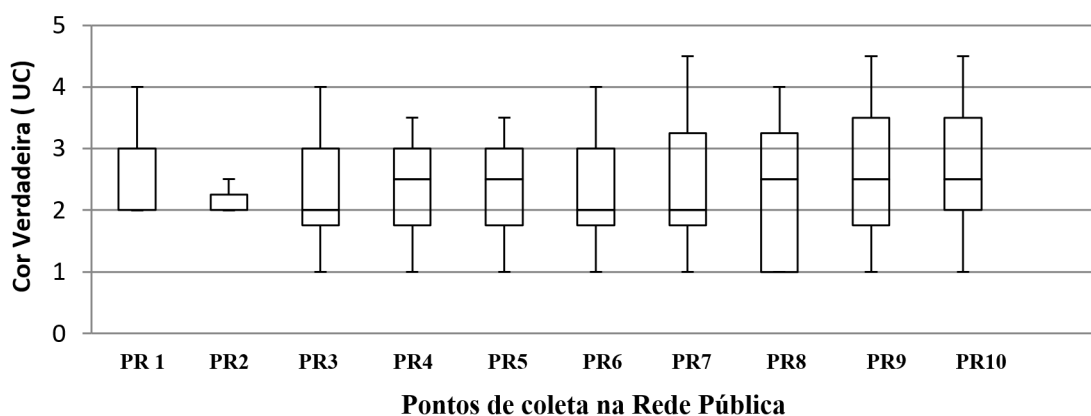


Figura 6. Variação da cor verdadeira na rede de distribuição

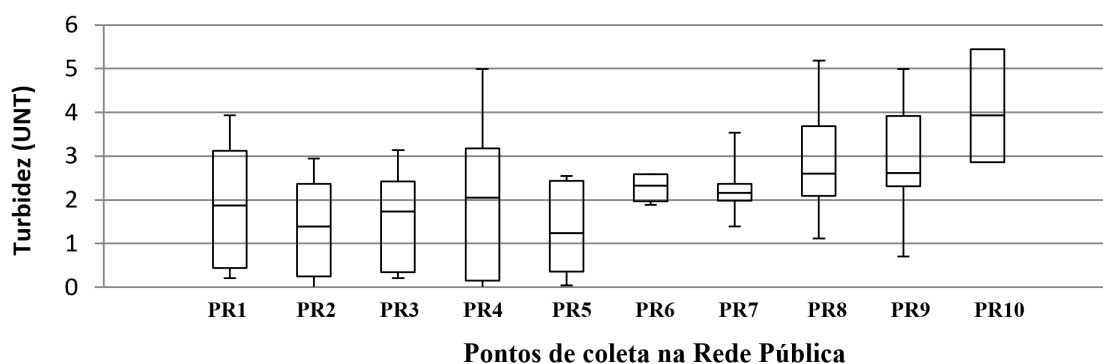
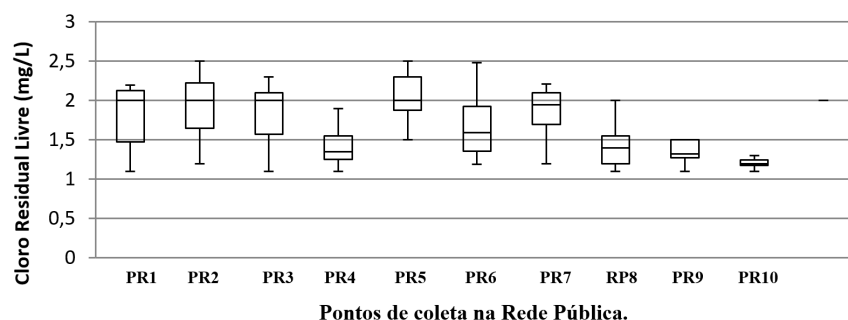


Figura 7. Variação da Turbidez na rede de distribuição.



**Figura 8.**Variação da concentração de Cloro Residual Livre na Rede de distribuição

Embora os valores de CT e *Escherichia Coli* sejam baixos, o anexo XX da Portaria 05/2017 exige a sua ausência em 100 mL. Observou-se que os pontos com cloro residual livre menor ou igual 1,5 foram os que apresentaram maior número de CT e *Escherichia Coli* (pontos PR4, PR6, PR8, PR9 e PR10). Como a concentração de cloro residual livre é alta, essa ocorrência pode ser atribuída à contaminação na rede, condições sanitárias inadequadas nos pontos de coleta, dentre outras inúmeras contaminações de origem pontual.

Ainda que o padrão de potabilidade não faça referência ao OD e à DBO, esses parâmetros foram monitorados. O teor de oxigênio dissolvido apresentou valor médio de  $5,41 \pm 3,04 \text{ mg.L}^{-1}$ . As menores concentrações de OD foram observadas nos pontos PR1 a PR5 e as maiores nos pontos P6 a P10. Na DBO foi verificada uma variabilidade em relação à média geral, apresentando comportamento inverso ao da concentração de OD, ou seja, os pontos PR1 a PR5 apresentaram maiores valores de OD e os pontos PR6 a PR10 apresentaram os menores valores. A DBO na água bruta, no ponto de captação no Rio São Francisco, apresentou valor médio de  $3,0 \pm 3,7 \text{ mg.L}^{-1}$ . O aumento da DBO na Rede Pública pode estar relacionado à contaminação na rede.

O nitrogênio total apresentou valor médio baixo, igual a  $0,43 \pm 0,17 \text{ mg.L}^{-1}$ , com nitrogênio amoniacal de  $0,058 \pm 0,018 \text{ mg/L}$ , inferior à concentração de  $1,5 \text{ mg.N-amon.L}^{-1}$  estabelecido pelo anexo XX da Portaria 05/2017. Esse parâmetro não sofreu grande variação em relação ao longo da rede pública de abastecimento. A concentração de fósforo total apresentou valor médio de  $0,005 \pm 0,001 \text{ mg.L}^{-1}$ . Os valores nos dez pontos não apresentaram grande variação em relação à média.

De forma geral os parâmetros físico-químicos analisados atendem aos padrões de potabilidade do anexo XX da Portaria 05/2017 (Brasil, 2017). No entanto no que diz respeito aos padrões bacteriológicos, ainda foi verificada a presença de coliformes totais e *Escherichia Coli* em todos os pontos analisados.

### 3.4 ESTUDO EPIDEMIOLÓGICO

Os obtidos mostraram que as doenças de maior ocorrência no município de Pão de Açúcar são cólera, leptospirose, hepatites, dengue e doenças diarreicas (predominantes nas crianças), todas relacionadas a veiculação hídrica, saneamento e higiene. A Tabela 4 mostra a ocorrência (número de casos) e a incidência (casos/100.000 hab) dessas doenças entre 2011 e 2016.

**Tabela 4.** Ocorrência (casos) e incidência (casos/100.000 hab) de doenças entre 2011 e 2016.

	BAIRRO	Cólera	Leptospirose	Hepatites	Dengue	Diarreias
2011	Ocorrência	1	1	2	6	714
	Incidência	4,22	4,22	8,45	25,36	3018,9
2012	Ocorrência	-	-	1	6	1197
	Incidência	-	-	4,22	25,36	5061,1
2013	Ocorrência	-	1	1	5	1648
	Incidência	-	4,22	4,22	21,14	6968,0
2014	Ocorrência	-	1	3	8	1266
	Incidência	-	4,22	12,68	33,82	5352,8
2015	Ocorrência	-	-	1	10	1213
	Incidência	-	-	4,22	42,28	5128,7
2016	Ocorrência	1	1	5	10	1857
	Incidência	4,22	4,22	21,14	42,28	7851,7

Conforme observado na Tabela 4, a cólera foi a doença com menor ocorrência, com 2 casos ao longo dos 6 anos de análise, sendo causada pela ingestão oral de água contaminada pela bactéria *Vibrio cholerae*. A leptospirose, que teve ocorrência de 4 casos, é uma doença infecciosa aguda causada por uma bactéria do gênero *Leptospira*, sendo o mais comum, a transmissão pela urina do rato geralmente associada a enchentes nas zonas urbanas. Quanto à hepatite, com 13 casos observados, trata-se de uma doença infecciosa causada pelos vírus dos tipos A e E transmitidas via fecal (contato com água contaminada por fezes) e oral pelo consumo de água ou alimentos contaminados com o vírus. A dengue, que apresentou 45 casos, é provocada por um arbovírus transmitido, principalmente, pela picada do mosquito *Aedes aegypti*, que se prolifera em acúmulos de água limpa ou levemente poluída.

No entanto, a maior ocorrência de doença de veiculação hídrica são as diarreias, com 7.895 casos ao longo dos 6 anos analisados, correspondendo a 99% dos casos de doenças de maior ocorrência no município. A causa mais comum da diarreia é a infecção por vírus, bactérias ou parasitas que entram no organismo, causando gastroenterite, que compromete os órgãos do sistema gastrointestinal. As diarreias são geralmente adquiridas pela ingestão de água e alimentos contaminados com fezes e deficiência de hábitos de higiene.

Pesquisa realizada por Aguiar et al. (2019) também observaram que a diarreia foi a doença que mais ocorreu em Pelotas/RS durante os anos de 2007 a 2015, seguido da hepatite A, leptospirose e dengue. Os autores observaram que todas a maior ocorrência dessas doenças foi em períodos de menor precipitação, ou seja, relação negativa entre as essas variáveis, e sugerem que a diarreia está mais relacionada com ingestão de alimento ou água contaminada. De forma semelhante para a dengue e leptospirose os fatores que contribuem com a ocorrência dessas doenças é a inadequação da disposição final inadequada de resíduos sólidos e do armazenamento de água armazenada, hábitos culturais de descuido com a higiene pessoal e local.

### 3.5 RELAÇÃO ENTRE OS ASPECTOS TECNICOS E SÓCIO CULTURAIS

Na avaliação do perfil habitacional da população pesquisada, através das visitas domiciliares, destaca-se como risco à saúde principalmente a precariedade dos domicílios, pois eram pobres na estrutura, no acabamento e nas tubulações de água e esgoto, embora 76,9% dos fossem de construídos em alvenaria, enquanto que 5,4% são feitas de madeira e 17,1% de outros materiais como taipa e similares.

No que diz respeito as condições sanitárias, a aplicação do questionário revelou que 76,9% dos entrevistados recebe água pela rede pública, e 94,5% do total de pessoas interrogadas sabe que o tipo de tratamento é apenas cloração. Quanto aos esgotos sanitários a maioria dos usuários (65%) respondeu que o destino de dejetos era para fossas sépticas e rudimentares, e sobre o lixo urbano, 77,3% dos entrevistados afirmaram que havia coleta porta a porta.

Apesar da população conhecer o tipo de tratamento de água (apenas cloração) e de esgotos (fossas), as visitas de campo mostraram que não há cuidado de higiene com os pontos de água, não havendo o hábito de limpar as caixas de água nem esgotar as fossas sépticas e fossas rudimentares, as quais sempre extravasam deixando esgoto correr a céu aberto, inclusive empoçando pontos onde estão algumas torneiras de água de abastecimento. Da mesma forma, embora afirmem que existe coleta de lixo, os hábitos culturais de se desfazer do lixo a qualquer momento resultam no descarte de lixo em terrenos baldios ou colocação do lixo em dias em que não há coleta, fazendo com que o lixo se espalhe criando focos de proliferação de vetores. Por fim, observações durante as entrevistas revelaram um descaso com a higiene pessoal, onde hábitos simples, como lavar as mãos, são limitados. O mesmo se observou no entorno das habitações, os precários hábitos de limpeza resultam em ambientes sujos, especialmente nas periferias da cidade.

Imada et al. (2016), em trabalho realizado no município de Jordão/AC com alta prevalência de diarreias, também verificaram que uma parcela da população não tinha cuidado com a higiene das mãos antes do preparo dos alimentos, contribuindo para o risco de contaminação durante o preparo dos alimentos.

O estudo observacional da comunidade durante o trabalho de campo, permitiu inferir que embora haja oferta de alguns serviços de saneamento, existe uma discordância entre o conhecimento sanitário e as práticas observadas, resultando numa situação conflitante entre as regras de uso dos sistemas de saneamento e os valores tradicionais e culturais, tendo como consequência a incidência de doenças relacionadas ao saneamento.

#### 4. CONCLUSÕES

Os resultados mostraram que as águas do rio São Francisco na orla urbana de Pão de Açúcar estão dentro dos padrões estabelecidos para mananciais superficiais de água doce classe II, e que atendem aos padrões de balneabilidade, mas apresentam tendência de deterioração de montante para jusante devido a ações antrópicas.

Os indicadores aplicados às águas do rio mostram que o IQA classifica suas águas como BOA, o IPM, que avaliou os parâmetros microbiológicos, apresentou classificação variando de BOM a REGULAR de montante para jusante. Já o IIAM que avalia os parâmetros macroscópicos de caráter essencialmente antrópico mostrou que o trecho urbano impõe um impacto ambiental mais expressivo culminando no ponto 5, onde também foi observado os maiores valores dos parâmetros qualitativos que exprimem a quantidade de carbono, nitrogênio e fósforo, devido a poluição das águas superficiais por dejetos urbanos (esgoto e lixo). Os parâmetros macroscópicos são os de maior interferência ambiental, e supõe-se que podem ser minimizadas com ações de educação ambiental.

As águas do sistema público de abastecimento atendem aos padrões organolépticos de potabilidade, mas não atendem aos padrões bacteriológicos, apesar dos elevados valores de cloro residual livre (entre 1,35 mg.L<sup>-1</sup> e 2,2 mg.L<sup>-1</sup>), tendo sido observado coliformes totais em 38,75% das amostras analisadas.

As doenças de veiculação hídrica observadas nos 6 anos de análise foram a cólera, leptospirose, hepatite, dengue e diarreias (esta última com 7852 casos por 100.000 hab). Apesar de todas as doenças analisadas estarem relacionadas à qualidade da água, as diarreias se destacam por estarem relacionadas à ingestão de água e alimentos contaminados, o que reflete que a população tem grande responsabilidade nesse controle, devendo ter o cuidado de manter o domicílio limpo e eliminando os possíveis criadouros de vetores.

No perfil epidemiológico, a precariedade dos domicílios destacou-se como risco à saúde, pois eram precários na estrutura, no acabamento e nas tubulações de água e esgoto. Embora 65% do destino de dejetos sejam fossas negras, observou-se a presença constante de esgotos na linha d'água, assim como lixo espalhado e amontoado em locais públicos, o que mostra descaso com a higiene do ambiente.

A análise integrada da qualidade da água, fatores socioambientais e de infraestrutura da comunidade de Pão de Açúcar associados aos dados do estudo epidemiológico sugerem que a enorme ocorrência de diarreias está mais relacionada aos hábitos de higiene e cultural do que à qualidade da água do rio São Francisco e da rede de distribuição. Esse resultado mostra que a qualidade da água por si só, não é determinante na ocorrência de doenças, devendo ser inserindo outros fatores, principalmente relacionados à necessidade de mudança de hábitos socioculturais.

#### 5. REFERÊNCIAS

- Aguiar, M. F., Cecconello, S. T., & Centeno, L. N (2019). Saneamento básico versus doenças de veiculação hídrica no Município de Pelotas/RS. *Holos*, 35(3), e7940. <http://dx.doi.org/10.15628/holos.2019.7940>.
- Alagoas. (2013). Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. *Programa Água Doce. Fase I - Diagnóstico Socioambiental e Técnico*. Município de Pão de Açúcar: GAMA, Engenharia de Recursos Hídricos.
- American Public Health Association – APHA, American Water Works Association –AWWA, & Water Environmental Federation – WEF. (2005). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. Washington, D.C.: APHA.
- Beltrão, M. I. C., & Callado, N. H. (2017). Qualidade da água e saúde pública na Cidade de Pão de Açúcar/ AL – Brasil. In *Anais do 13º Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Portuguesa*. APASB. Porto/PT.
- Brasil. (2000, 25 de janeiro). Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 274, de 29 de novembro de 2000. Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília. Seção 1, n. 18, p. 70-71.
- Brasil. (2017). Portaria de Consolidação Nº 5, de 28 de setembro de 2017. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde. Brasil. Recuperado em 20 de novembro de 2019, de <https://alimentusconsultoria.com.br/wp-content/uploads/2017/12/Portaria-de-Consolidação-nº-5.pdf>
- Brasil. (2005, 18 de março). Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução. n.º 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília. p. 58-63.
- Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco – CBHSF. (2020). *A bacia hidrográfica do rio São Francisco*. Recuperado em 9 de abril de 2020, de <http://www.saofrancisco.cbh.gov.br>

- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB. (2019). *Variáveis de qualidade de água*. São Paulo: CETESB. Recuperado em 13 de julho de 2020, de <http://www.Companhia Ambiental do Estado de São Paulo.sp.gov.br/Água/rios/variaveis.asp#transparencia>
- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB. (2019). *Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo 2018* (540 p., Série Relatórios). São Paulo: CETESB.
- Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde – DATASUS. Sistema de Informação da Atenção Básica – SIAB. (2019). Recuperado em 15 de dezembro de 2019, de <http://www2.datasus.gov.br/SIAB/>
- Felippe, M. F., & Junior, A. P. M. (2012). *Impactos ambientais macroscópicos e qualidade das águas em nascentes de parques municipais em Belo Horizonte- MG*. Recuperado em 9 de abril de 2020, de <http://www.igc.ufmg.br/portaldeperiodicos/index.php/geografias/article/view/568>
- Felippe, M. F., & Magalhães Junior, A. P. (2009). Consequências da ocupação urbana na dinâmica das nascentes em Belo Horizonte-MG. In *Anais do VI Encontro Nacional sobre Migrações*. Belo Horizonte: ABEP.
- Ferreira, C. S., & Cunha-Santino, M. B. (2014). Monitoramento da qualidade da água do Rio Monjolinho: A limnologia como uma ferramenta para a gestão ambiental. *REA – Revista de estudos ambientais (Online)*, 16(1), 27-37.
- Gomes, P. M., Melo, C., & Vale, V. S. (2005). Avaliação de impactos ambientais em nascentes na cidade de Uberlândia-MG: análise macroscópica. *Revista Sociedade & Natureza*, 32(17), 103-120.
- Huiliang, W., Zening, W., Caihong, H., & Xinzhong, D. (2015). Water and nonpoint source pollution estimation in the watershed with limited data availability based on hydrological simulation and regression model. *Environmental Science and Pollution Research International*, 22(18), 14095-14103.
- Imada, K. S., Araújo, T. S., Muniz, P. T., & Pádua, V. L. (2016) Fatores socioeconômicos, higiênicos e de saneamento na redução de diarreia na Amazônia. *Revista de Saude Publica*, 50, 77. <http://dx.doi.org/10.1590/S1518-8787.2016050006505>.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (2020). *Cidades*. Recuperado em 9 de abril de 2020, de <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/al/pao-de-acucar/panorama>
- Nascimento, M. C., Ribeiro Junior, C. E., & Oliveira Neto, A. (2013). *Relatório técnico da campanha de avaliação das mudanças socioambientais decorrentes da regularização das vazões no baixo Rio São Francisco – CBHSF* (175 p.). Maceió, AL.
- Oliveira, J. P. M., Oliveira, J. M. O., Barreto, E.S., Silva, S. S., & Silva, S.S., & Maracajá, P B. (2015). Saúde/doença: as consequências da falta de saneamento básico. *Informativo Técnico do Semiárido – INTESA*, 9(2), 23-29.
- Oliveira, M. C., Oliveira, B. T. Á., Dias, J. S., Moura, M. N., Silva, B. M., Silva, S. V. B., & Felippe, M. F. (2013). Avaliação macroscópica da qualidade das nascentes do campus da Universidade Federal de Juiz de Fora. *Revista de Geografia*, 3(1), 1-7.
- Peres, J. M. (2012). *Avaliação da qualidade da água do rio São Francisco nos municípios de Petrolina - PE e Juazeiro – BA* (Dissertação de mestrado). CTG, Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- Santos Junior, D. A., Barbaresco, I. S., Carneiro, V. A., Oliveira, A. L. R., & Silva, L. G. (2018). Impactos ambientales en la naciente y en trecho del riachuelo catingueiro en la zona oeste de anápolis (go): un relato de experiencia vía trabajo de campo. *Revista Mirante*, 11(8).
- Von Sperling, M. (2005). *Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos* (3. ed, 452 p.). Belo Horizonte: UFMG/DESA.
- World Health Organization – WHO. (2014). *Basic documents* (48. ed). Geneva: WHO. Recuperado em 9 de abril de 2020, de <http://apps.who.int/gb/bd/PDF/bd48/basic-documents-48th-edition-en.pdf>

#### CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

BELTRÃO, Maria Inês. Responsável pelo levantamento de dados de campo, e tratamento dos dados os quais fazem parte de sua dissertação de mestrado

CALLADO, Nélia H. Responsável pela supervisão e acompanhamento do trabalho de campo, assim como da análise de dados com foco na qualidade das águas e correção geral do artigo.

SOUZA, V. C. B. de. Responsável pela supervisão e acompanhamento do trabalho de campo, assim como da análise de dados com foco na análise estatística e correção geral do artigo.