



*Amazônia Oriental*

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ  
MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI  
EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS – PPGCA**

**EDUARDO RIBEIRO MARINHO**

**ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO GUAMÁ E SUAS  
INTERFACES CLIMÁTICAS E SOCIOAMBIENTAIS EM SÃO MIGUEL DO  
GUAMÁ, NORDESTE PARAENSE**

**Belém - PA**

**2019**

**EDUARDO RIBEIRO MARINHO**

**ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO GUAMÁ E SUAS  
INTERFACES CLIMÁTICAS E SOCIOAMBIENTAIS EM SÃO MIGUEL DO  
GUAMÁ, NORDESTE PARAENSE**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará em convênio com EMBRAPA – Amazônia Oriental e Museu Paraense Emílio Goeldi, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Área de Concentração: Clima e dinâmica socioambiental na Amazônia.

Linha de Pesquisa: Interação clima, sociedade e ambiente

Orientadora: Dra. Maria Isabel Vitorino

**Belém - PA**

**2019**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará

Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

M337a Marinho, Eduardo Ribeiro

Análise da qualidade da água do rio Guamá e suas interfaces climáticas e socioambientais em São Miguel do Guamá, nordeste paraense / Eduardo Ribeiro Marinho. — 2019.

105 f. : il. color.

Orientador(a): Prof<sup>a</sup>. Dra. Maria Isabel Vitorino  
Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2019.

1. Qualidade de água.. 2. Extremo climático. 3. Atividades antrópicas. 4. Indicadores socioambientais.  
I. Título.

CDD 546.22

---

**EDUARDO RIBEIRO MARINHO**

**ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO GUAMÁ E SUAS  
INTERFACES CLIMÁTICAS E SOCIOAMBIENTAIS EM SÃO MIGUEL DO  
GUAMÁ, NORDESTE PARAENSE**

Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará em convênio com EMBRAPA – Amazônia Oriental e Museu Paraense Emílio Goeldi, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Área de Concentração: Clima e dinâmica socioambiental na Amazônia

Linha de Pesquisa: Interação clima, sociedade e ambiente

Aprovado em: 25/02/2019.

Banca Examinadora:



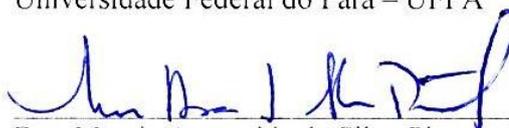
---

Dra. Maria Isabel Vitorino – Orientadora  
Doutora em Meteorologia  
Universidade Federal do Pará – UFPA



---

Dr. Edson José Paulino da Rocha – Membro Interno  
Doutor em Meteorologia  
Universidade Federal do Pará – UFPA



---

Dra. Marcia Aparecida da Silva Pimentel – Membro Interno  
Doutora em Geografia  
Universidade Federal do Pará – UFPA



---

Dra. Simone de Fatima Pinheiro Pereira – Membro Externo  
Doutora em Química  
Universidade Federal do Pará – UFPA

Aos meus pais, José Eduardo Marinho (*in memoriam*) e a Nilzete Marinho, que nunca mediram esforços em investir em minha educação, apoio, zelo e, sobretudo amor;

***Dedico***

## AGRADECIMENTOS

A Deus, digno de tudo o que sou e tudo o que já conquistei, meu fiel encorajador em todas as minhas dificuldades e aflições, sei que não teria conseguido sem a fé em vossa palavra.

A minha orientadora professora Maria Isabel Vitorino, pelo apoio, amizade, motivação e, sobretudo paciência em me ensinar a importância de perseverar diante dos obstáculos.

A minha família, especialmente a Minha mãe Nilzete Marinho, e aos meus irmãos Edivander Marinho, Érika Marinho e Caroline Rodrigues, a sabedoria nas conversas, no apoio incondicional sobre traçar metas e conquistar os sonhos.

Aos meus fiéis companheiros Raimundo Montelo, Joyce Coutinho e Jéssica Pantoja, pela amizade, cumplicidade, lealdade, e acima de tudo, pelo incentivo da minha inserção nesse programa de pós-graduação.

A equipe da CTA -UFRA, especialmente ao colega Ivan Barbosa, pela parceria, confiança e pelo convite em participar do projeto pelo rio Guamá. Aos amigos Emerson Renato, Andrey Júnior e Lucas Jully, pelo suporte incansável nas coletas de água e na tabulação dos dados de pesquisa.

Aos meus parceiros Marcos Ronielly, Maurício Moura, Hugo Farias e Nelson Castellón. Pela ajuda na obtenção dos dados de chuva por satélite, correlações estatísticas, análises multivariadas e tabulações gráficas.

A minha turma de mestrado, PPGCA 2017, especialmente a equipe “amigos da maresia” Larisse Souza, Filipe Dias, Áurea Almeida e Ana Paula Alencar, pela ajuda nos mapas, na proficiência, nos estudos, nos seminários, nas conversas, e, sobretudo pelo cultivo de uma amizade sadia e verdadeira.

Aos meus grandes amigos da UEPA, professor VicthorBechir, professora Ana Telma Santos, Letícia Santos, Lana Raíssa, Nely Souza, pela amizade, confiança, e incentivo em meu crescimento pessoal e profissional.

Ao grupo de escoteiros do Mar Chefe Caetano da Silva – 102º PA, especialmente aos chefes Jobson Gonçalves e Brena Pena pelo total suporte na ajuda diante a todos os empecilhos.

A todos aqueles que contribuíram de forma direta ou indireta na realização desta pesquisa, o meu mais;

Muito Obrigado!

*“A melhor maneira de ser feliz é contribuir para a felicidade dos outros!”*

*Robert Baden Powell*

*(Fundador do escotismo)*

## RESUMO

Este trabalho objetiva compreender a relação da qualidade de água num trecho do rio Guamá, com as vertentes climáticas, antrópicas e sociais no município de São Miguel do Guamá, Nordeste Paraense. Diante disso, foram feitas seis coletas em três pontos distintos localizados na divisa entre os municípios de São Miguel do Guamá e Irituia; o Ponto A (Montante do rio), o Ponto B, (Centro do rio) e o Ponto C (Jusante do rio), durante dois meses em 2015 (Fev/Jul), em 2016 (Jan/Jun) e 2017 (Fev/Jul). Estes pontos representam a existência de atividades humanas as margens do rio; a indústria de cerâmica vermelha; os esgotos domésticos e a atividade madeireira. Para isso foram analisados os indicadores físico químicos de qualidade de água; pH, oxigênio dissolvido (mg/L), condutividade elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ ), sólidos totais dissolvidos (mg/L), temperatura da água ( $^{\circ}\text{C}$ ) e turbidez (NTU). Além dos dados atmosféricos mensais e diários do Índice de Oscilação Sul e da precipitação do CMORPH, respectivamente. Para o cálculo de vazão do rio Guamá ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) o método da regionalização de vazões mínimas em bacias através de interpolação em sistema de informação geográfica. Para a análise social foram usados os indicadores socioambientais de IDH-M, cobertura por sistema de abastecimento de água (%), cobertura por sistema de esgotamento sanitário (%), morbidade por diarreia e gastroenterite ( $n^{\circ}$  de internações) e disponibilidade hídrica superficial ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) no período de 1991 a 2010. Para análise dos dados foi aplicado a análise estatística multivariada - Análise de Componente Principal (ACP) e correlação linear de Pearson (r). Os principais resultados são: fortes correlações positivas e negativas entre a precipitação, a vazão e os indicadores de qualidade de água, durante o extremo climático El Niño 2015- 2016. No estudo da vertente social foram verificadas fortes correlações entre os dados de IDH-M com o sistema de abastecimento de água (%), rede de esgotamento sanitário (%), disponibilidade hídrica superficial ( $\text{m}^3/\text{s}$ ). De forma geral, a pesquisa buscou fazer uma análise da qualidade da água do rio Guamá com base na vertente interdisciplinar, mostrando-se o estudo pioneiro para a região.

Palavras-chave: Qualidade de água. Extremo climático. Atividades antrópicas. Indicadores socioambientais.

## ABSTRACT

This work aims to understand the relation of water quality in a section of the Guamá river, with the climatic, anthropic and social aspects in the municipality of. Thus, six collections were made at three distinct points located on the border between the municipalities of São Miguel do Guamá and Irituia; Point A (River bottom), Point B (River center) and Point C (River bottom), for two months in 2015 (Feb / Jul), in 2016 (Jan / Jun) and 2017 (Feb / Jul). These points represent the existence of human activities on the banks of the river; the red ceramic industry; domestic sewage and logging. For this, the physical chemical indicators of water quality were analyzed; pH, dissolved oxygen (mg / L), electrical conductivity ( $\mu\text{S} / \text{cm}^{-1}$ ), total dissolved solids (mg / L), water temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ) and turbidity (NTU). In addition to the monthly and daily atmospheric data of the Southern Oscillation Index and the CMORPH precipitation, respectively. For the calculation of the flow of the Guamá river ( $\text{m}^3 / \text{s}$ ) the method of regionalization of minimum flows in basins through interpolation in geographic information system. The socio-environmental indicators of HDI-M, coverage by water supply system (%), coverage by sewage system (%), diarrhea morbidity and gastroenteritis (number of hospitalizations) and surface water availability were used for the social analysis.  $\text{m}^3 / \text{s}$ ) in the period from 1991 to 2010. For analysis of the data, we applied the multivariate statistical analysis - Principal Component Analysis (PCA) and the linear regression method, by obtaining Pearson 's linear correlation coefficient (r). The main results are: strong positive and negative correlations between precipitation, flow and water quality indicators during the extreme climatic El Niño 2015-2016. In the study of the social aspect, there were strong correlations between the data of HDI-M with the water supply system (%), sewage network (%), surface water availability ( $\text{m}^3 / \text{s}$ ). In general, the research sought to make an analysis of the water quality of the Guamá river based on the interdisciplinary aspect, showing the pioneering study for the region.

Key words: Water quality. Climatic extremes. Anthropic activities. Socioenvironmental indicators.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### Capítulo 2

- Figura 1- Mapa de Localização da Área de Estudo: Rio Guamá, Município de São Miguel do Guamá.....29
- Figura 2 - Localização dos pontos de coleta.....30
- Figura 3 - Distribuição normal da precipitação (mm) e da vazão do Rio Guamá ( $m^3/s$ ) do Município de São Miguel do Guamá para o período de 1998 a 2017.....33
- Figura 4- Anomalia mensal de precipitação (mm) e vazão do Rio Guamá ( $m^3/s$ ) do Município de São Miguel do Guamá para os anos de 2015 a 2017.....34
- Figura 5- Correlação entre os acumulados diários de precipitação (mm) e Vazão do Rio Guamá ( $m^3/s$ ).....35

### Capítulo 3

- Figura 1- Mapa de Localização da Área de Estudo: Rio Guamá, Município de São Miguel do Guamá.....50
- Figura 2- Localização dos pontos de coleta.....50
- Figura 3- Sazonalidade das atividades antrópicas no entorno do rio Guamá, São Miguel do Guamá.....53
- Figura 4- Distribuição espacial e temporal do primeiro modo (CP1) das variáveis CE, TDS, T.Água, TURB, com 70% da variância total explicada, (a) autovetor; (b) autovalor.....57
- Figura 5- Distribuição espacial do segundo modo (CP2), com 25,41% da variância total explicada, (a) autovetor; (b) autovalor.....59
- Figura 6- Distribuição espacial do primeiro modo (CP1), com 73,37% da variância total explicada, (a) autovetor; (b) autovalor.....61
- Figura 7- Distribuição espacial do segundo modo (CP2), com 21,07% da variância total explicada, (a) autovetor; (b) autovalor.....63

## Capítulo 4

- Figura 1- Mapa de Localização da Área de Estudo: Rio Guamá, Municípios no entorno do Rio Guamá.....73
- Figura 2- Classificação do Índice de Desenvolvimento Humano – IDH.....75
- Figura 3- Crescimento populacional, em nº de habitantes, e PIB Municipal, R\$, dos municípios localizados no entorno do rio Guamá, Nordeste Paraense. Anos de 2000, 2005 e 2010.....77
- Figura 4 4a- Relação entre o IDH-M e cobertura por sistema de abastecimento de água (%) dos municípios no entorno do Rio Guamá, Pará. Ano: 2010 4b: Correlação estatística de IDH-M e abastecimento de água (%) entre os oito municípios. Ano: 2010. 4c: Correlação estatística entre IDH-M e abastecimento de água em São Miguel do Guamá. Anos: 2000, 2005 e 2010.....78
- Figura 5 5a- Relação entre o IDH-M e cobertura por sistema de esgotamento sanitário (%) dos municípios no entorno do Rio Guamá, Pará. Ano: 2010. 5b: Correlação estatística de IDH-M e esgotamento sanitário (%) entre os oito municípios. Ano: 2010. 5c: Correlação estatística entre IDH-M e esgotamento sanitário em São Miguel do Guamá. Ano:2000, 2005 e 2010.....79
- Figura 6 6a- Relação entre o IDH-M e morbidade por diarreia e gastroenterite dos municípios no entorno do Rio Guamá, (nº de internações). 6b: Correlação estatística de IDH-M e diarreia e gastroenterite entre os oito municípios. Ano: 2010. 6c: Correlação estatística entre IDH-M e diarreia e gastroenterite em São Miguel do Guamá. Anos: 2000, 2005 e 2010.....80

Figura 7 7a- Relação entre o IDH-M e disponibilidade hídrica superficial (m<sup>3</sup>/s) dos municípios no entorno do Rio Guamá. Ano: 2010. 7b: Correlação estatística de IDH-M e disponibilidade hídrica superficial (m<sup>3</sup>/s) entre os oito municípios. Ano: 2010. 7c. Correlação estatística entre IDH-M e disponibilidade hídrica superficial (m<sup>3</sup>/s) em São Miguel do Guamá. Anos: 2000, 2005 e 2010.....82

Figura 8 8a- Relação entre a cobertura por sistema de abastecimento de água (%) e morbidade por diarreia e gastroenterite (nº de internações) entre os municípios no entorno do rio Guamá. Ano: 2010. 8b: Correlação estatística entre abastecimento de água (%) e diarreia e gastroenterite (nº de internações) entre os oito municípios. Ano: 2010. 8c: Correlação estatística entre abastecimento de água (%) e diarreia e gastroenterite (nº de internações) para o município de São Miguel do Guamá. Anos: 2000, 2005 e 2010.....84

Figura 9 9a- Relação entre a cobertura por sistema de esgotamento sanitário (%) e morbidade por diarreia e gastroenterite (nº de internações) entre os municípios no entorno do rio Guamá. Ano: 2010. 8b: Correlação estatística entre o esgotamento sanitário (%) e diarreia e gastroenterite (nº de internações) entre os oito municípios. Ano: 2010. 8c: Correlação estatística entre o esgotamento sanitário (%) e diarreia e gastroenterite (nº de internações) para o município de São Miguel do Guamá. Anos: 2000, 2005 e 2010.....86

## Capítulo 5

Figura 01- Esquema sintetizado da vertente interdisciplinar da presente pesquisa.....94

## LISTA DE TABELAS

### Capítulo 2

- Tabela 1- Parâmetros Físico Químicos Analisados, unidades e determinação.....31
- Tabela 2- Correlação entre os Parâmetros Físico Químicos de qualidade de água e a precipitação diária (mm) para os três pontos de coleta em períodos sazonais distintos, CH:Chuvoso; MCH: Menos Chuvoso.....35
- Tabela 3- Correlação entre os Parâmetros Físico Químicos de qualidade de água e a vazão diária (m<sup>3</sup>/s) para os três pontos de coleta em períodos sazonais distintos, CH:Chuvoso; MCH: Menos Chuvoso..... 38

### Capítulo 3

- Tabela 1- Parâmetros Físico Químicos Analisados, unidades e determinação.....51
- Tabela 2- Valores de médias gerais e desvios padrões gerais dos parâmetros (Média±SD). Dados por ponto e período de coleta.....54

### Capítulo 4

- Tabela 1- Municípios do entorno do rio Guamá analisados, suas coordenadas geográficas, unidade territorial (km<sup>2</sup>) e participação do maior valor adicionado municipal (%)......74

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	<b>16</b>
1.2 Fundamentação teórica.....	18
1.3 Objetivos.....	25
1.4 Estrutura da Dissertação.....	25
<b>CAPÍTULO 2 EXTREMOS CLIMÁTICOS ASSOCIADOS À QUALIDADE DE ÁGUA DO RIO GUAMÁ, SÃO MIGUEL DO GUAMÁ, PARÁ.....</b>	<b>26</b>
2.1 Introdução.....	27
2.2 Material e Métodos.....	28
2.3 Resultados e Discussão.....	33
2.4 Conclusão.....	40
<b>CAPÍTULO 3 AS ATIVIDADES ANTRÓPICAS NA MODULAÇÃO DA QUALIDADE DE ÁGUA DO RIO GUAMÁ, EM SÃO MIGUEL DO GUAMÁ, PARÁ.....</b>	<b>47</b>
3.1 Introdução.....	48
3.2 Material e Métodos.....	49
3.3 Resultados e Discussão.....	53
3.4 Conclusão.....	64
<b>CAPÍTULO 4 ESTUDO SOCIOAMBIENTAL DOS MUNICÍPIOS DA BACIA DO ALTO RIO GUAMÁ, PARÁ. ....</b>	<b>70</b>
4.1 Introdução.....	71
4.2 Material e Métodos .....	72
4.3 Resultados e Discussão.....	76
4.4 Conclusão.....	87
<b>CAPÍTULO 5 CONCLUSÃO GERAL.....</b>	<b>92</b>
5.1 Resultados chaves: impactos e implicações.....	92
5.2 Prioridades para pesquisas futuras.....	93

**5.3 Considerações Finais.....94**

**APÊNDICE A -ATIVIDADES ANTRÓPICAS NO ENTORNO DO RIO**

**GUAMÁ.....102**

## CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO GERAL

A água é um dos recursos naturais de suma importância a manutenção da vida no planeta, transportando gases e compostos essenciais a manutenção do equilíbrio de diversos ecossistemas naturais (ALVARENGA *et al.*, 2012; PIRATOBA *et al.*, 2017; TUNDISI, MATSUMURA-TUNDISI, 2008). A qualidade hídrica faz referência à magnitude combinada de inúmeros fatores físicos, químicos e biológicos ao longo da bacia. (BUENO *et al.*, 2005; LIMA, 2001; PETERS; MEYBECK, 2000;).

A sua utilização é cada vez crescente em diversos setores do meio social, destacando assim o abastecimento público, geração de energia, navegação, agricultura, pecuária, indústria, lazer, entre outros (FAO, 2015; HADLICH; SCHEIBE, 2007; ZHANG *et al.*, 2010). O aumento da população, o acelerado desenvolvimento industrial e econômico e a rápida urbanização nas últimas décadas tem afetado de forma direta a pressão humana sobre os cursos d'água (ALVES *et al.*, 2012; FAO, 2015; ZHANG *et al.*, 2010).

Para Silva *et al.* (2008), em ambientes onde a pressão humana é acentuada, a qualidade de água é afetada tanto por fatores naturais como por atividades humanas. A qualidade da água está intimamente relacionada à junção de fenômenos naturais-humanos ocorridos na bacia hidrográfica (GALVÃO MIRANDA *et al.*, 2009; PIRATOBA *et al.*, 2017; VON SPERLING, 2007).

A utilização de indicadores químicos, físico químicos e biológicos serve como importantes ferramentas na análise da qualidade da água em diversos ecossistemas aquáticos brasileiros (ALVES *et al.*, 2012; GALVÃO MIRANDA *et al.*, 2009; SILVA *et al.*, 2008). Segundo Piratoba *et al.* (2017) esses parâmetros são definidos em limites aceitáveis de substâncias presentes de acordo com o uso múltiplo da água. A legislação Brasileira estipula padrões de qualidade de água de acordo com a resolução 357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) de 2005 e da Companhia Estadual Técnica de Saneamento Básico e Defesa do Meio Ambiente - CETESB de (2006; SILVA *et al.*, 2008).

O estudo de qualidade de água não deve ser analisado de modo isolado, devendo ser considerado todas as vertentes ambientais que interferem no

sistema (ALVARENGA *et al.*, 2012; CARVALHO; SIQUEIRA, 2010; QUEIROZ *et al.*, 2013). A precipitação e a vazão do rio são fenômenos que alteram indicadores de qualidade de água em rios, lagos e bacias (ALVES *et al.*, 2012; HORBE *et al.*, 2009; MIRANDA *et al.*, 2009; SÁ FILHO, 2010; SILVA *et al.*, 2008). Conhecer a influência de tais vertentes é de fundamental importância para um melhor entendimento sobre os estudos de qualidade hidroambiental.

Indicadores sociais também devem ser levados em consideração, pois a qualidade de água afeta diretamente a forma de vida da população que dela consome e utiliza (SILVA JÚNIOR *et al.*, 2016; SILVEIRA; SOUZA, 2016 TEIXEIRA *et al.*, 2012). Libânio *et al.* (2005) explicam que a contaminação de rios representa um dos principais problemas da saúde pública, havendo uma importante relação entre a qualidade de água e doenças infecciosas parasitárias intestinais. Estatísticas sociais, de saneamento básico e de saúde são formas de caracterização das condições de vida de determinada população (SILVA JÚNIOR *et al.*, 2016; TEIXEIRA *et al.*, 2012;).

Braset *et al.* (2005); Silva (2006); Oliveira *et al.* (2007); Monteiro (2009); Silva (2010); Vasconcelos, Souza (2011); Santos (2015), apresentam estudos sobre a qualidade de água do rio Guamá, seja na vertente microbiológica, na análise dos parâmetros físico químicos ou mesmo nas condições de maré, sendo que a maioria deles permeia a análise do rio Guamá em sua porção com a baía do Guajará, nas proximidades de Belém. Poucos são os estudos sobre qualidade de água no nordeste paraense, e nenhum fora antes registrado para o município de São Miguel do Guamá.

Nessa perspectiva é apresentado um estudo sócioambiental da qualidade de água do rio Guamá, em sua porção com município de São Miguel do Guamá, subbacia do Guamá, no Nordeste do estado do Pará. O presente estudo aborda uma visão interdisciplinar para a análise de água, tendo em vista levar em consideração a poluição oriunda das atividades antrópicas presentes no entorno do rio Guamá, as alterações dos parâmetros físico químicos de qualidade de água, a sazonalidade da precipitação e vazão do rio nos anos de coleta, e a correlação dos indicadores sociais, saúde e de saneamento da região. O estudo mostra-se pioneiro sobre a temática qualidade de água e interdisciplinariedade para a região.

## 1.2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 1.2.1 Vertentes climáticas associadas à qualidade de água

A característica de qualquer volume de água superficial localizado em rios, lagos e represas superficiais é a sua instabilidade (TUNDISI, 2003). As três fases da água fazem parte de um ciclo dinâmico e perpétuo. (BALBINOT *et al.*, 2009; PIRATOBA *et al.*, 2017; TUNDISI, 2003).

O ciclo Hidrológico corresponde a um mecanismo que permite a mudança do estado físico da água em contato com diferentes ambientes (ALVARENGA *et al.*, 2012; LIMA, 2001; PIRATOBA *et al.*, 2017). A água em estado líquido ou sólido é transformada em vapor pela energia solar, na atmosfera esfria progressivamente originando as nuvens, e pelos processos de condensação e da gravidade retornam a superfície na forma de chuvas, neblina ou neve, depositando-se assim em rios, lagos, continentes e estuários (BALBINOT *et al.*, 2009; LIMA, 2001; TUNDISI, 2003;).

Para Tundisi (2003) os fatores que impulsionam o ciclo hidrológico são a energia térmica solar, a evaporação da massa de água, a força dos ventos, que transportam o vapor de água para o continente, a força da gravidade responsável pelos processos de precipitação, infiltração, percolação e deslocamento da água pela rede de drenagem. Rebouças (2002); Piratoba *et al.*, (2017) explicam que esse processo é representado por um fluxo permanente de energia e matéria, o que confere um caráter químico da água.

Segundo Hadlich e Scheibe, (2007); Galvão Miranda (2009); Alvarenga *et al.*, (2012) os diversos usos da água atrelada ao desenvolvimento complexo da economia ocasiona impactos em seu ciclo hidrológico. Tundisi (2003) configura o termo ciclo hidrosocial, como sendo uma adaptação do homem as diferentes características do ciclo hidrológico, como também as alterações que originam os impactos.

A construção de barragens aumenta a taxa de evaporação, a construção de canais para diversão, produz desequilíbrios no balanço hídrico, a retirada de água em excesso para irrigação, diminui o volume dos rios e lagos, o grau de urbanização interfere na drenagem e aumenta o escoamento superficial, diminuindo a capacidade de reserva de água na superfície e nos aquíferos.

Esses impactos têm conseqüências ecológicas, sociais e humanas (TUNDISI, 2003).

A precipitação é caracterizada amplamente pela comunidade científica como uma das variáveis climatológicas mais importantes em regiões tropicais (ALBUQUERQUE *et al.*, 2010). O regime de chuvas no Brasil é constituído por sazonalidades distintas em estações secas e chuvosas em épocas específicas do ano de acordo com cada localização geográfica (SILVA *et al.*, 2008).

Segundo Marengo (2006), o ciclo hidrológico na região amazônica colabora significativamente em nível global, com a liberação de vapor de água para a atmosfera e na produção de chuvas, que irão influenciar diretamente no clima. Além das relações entre umidade atmosférica, precipitação e escoamento superficial. (MORAES *et al.*, 2005).

Segundo Figueroa e Nobre (1990), na Amazônia oriental se observam um máximo pluviométrico entre o Pará e o Maranhão. Grande parte desse volume é verificada entre meses de dezembro a maio, o qual está atribuído em maior parte pela atuação de sistemas precipitantes de escala sinótica, como a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), também como foi mostrado por Souza *et al.*, (2004); De Souza; Rocha (2006). Mudanças nos padrões de circulação atmosférica, células de Walker e de Hadley, alteram a nebulosidade convectiva da ZCAS e ZCIT, modulando desta maneira a distribuição de chuvas na região amazônica (SOUZA, AMBRIZZI, 2003; SOUZA *et al.*, 2004).

Mota *et al.*, (2009) defendem que as atividades no setor produtivo são dependentes da variação pluviométrica de cada região, estando a sociedade vulnerável a dinâmica e variabilidade dos sistemas climáticos locais. Nesse aspecto, ambientes onde a ação antrópica é significativa, a qualidade da água é influenciada não somente pelos fatores naturais, como também, por aspectos dos impactos humanos (SILVA *et al.*, 2008).

O monitoramento da qualidade de água pode ser avaliado pelo ciclo hidrológico, pois a precipitação atua sobre o escoamento superficial e sub superficial das águas, propiciando o transporte de poluentes para o leito do rio e com isso integralizando conseqüências de vários fenômenos existentes em uma bacia hidrográfica (GALVÃO MIRANDA *et al.*, 2009).

Embora tais variáveis se inter relacionem, as mesmas podem sofrer influência direta da precipitação, modificando assim suas concentrações no meio hidrológico (SILVA *et al.*, 2008). Segundo o autor, para exemplo da influência da precipitação na variação do potencial hidrogeniônico tem-se:

...uma pequena diminuição no pH pode estar associado ao aumento no teor de matéria orgânica que leva a conseqüente queda na quantidade de oxigênio dissolvido disponível no corpo d'água. Nas águas dos rios brasileiros varia de neutro a ácido e pode se alterar ao longo do rio...praticamente em águas marinhas com o aumento das chuvas o pH tende a subir e aproximar-se da neutralidade, pois ocorre maior diluição dos compostos dissolvidos e escoamento mais rápido. Isso é causado pelo aumento no volume de água que faz com que a acidez da água diminua. (SILVA *et al.*, 2008, p.2).

Extremos climáticos podem também afetar a distribuição de chuvas na Amazônia e conseqüentemente modificar padrões de qualidade de água dos sistemas hidrológicos.

A fase quente do fenômeno, El Niño Oscilação Sul (ENOS), representa um mecanismo oceano-atmosfera associado ao aquecimento anômalo da temperatura da superfície do Mar (TSM) no oceano pacífico tropical, incluindo a costa oeste da América do sul (PEREIRA *et al.*, 2017). Tal mecanismo afeta a circulação atmosférica global, influenciando desta forma na precipitação em diversas localidades do mundo, via teleconexão atmosférica (ANDREOLI *et al.*, 2017), isso inclui uma redução de chuvas na Amazônia, principalmente na porção oriental (GRIMM, AMBRIZZI 2009; PEREIRA *et al.*, 2017).

### 1.2.2 Atividades humanas e alterações nos Parâmetros Físico Químicos de Qualidade de Água.

Uma forma de ingestão de água de modo que não cause problemas à saúde da população e assegure a vida dos ecossistemas aquáticos, é por meio do estudo de alguns indicadores físicos e químicos de qualidade (ALVES *et al.*, 2012; SILVA *et al.*, 2008) O monitoramento da água de rios e lagos, por meio dos parâmetros físico químicos, serve como uma importante ferramenta para subsidiar uma integrada análise de sua qualidade (ANDRADE *et al.*, 2007; BUENO *et al.*, 2005; DE GALVÃO MIRANDA *et al.*, 2009).

No Brasil, os padrões de qualidade para os corpos de água são fixados pela Resolução nº 357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente de 17/03/2005,

que dispõe sobre as diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece condições e padrões de lançamentos de efluentes. A escolha dos parâmetros físico químicos de qualidade de água para o presente estudo, além de representarem as principais variáveis que norteiam os estudos de qualidade de águas em rios, para CETESB (2006) e CONAMA 357/05 são as que mais sofrem influência das estações do ano (SILVA *et al.*, 2008).

#### Potencial Hidrogeniônico – pH

Termo usado para expressar a intensidade da condição ácida ( $H^+$ ) ou alcalina ( $OH^-$ ) de uma solução, em termos de concentração de íons de hidrogênio  $H^+$  (LIMA, 2001). O pH pode ser apontado como umas das variáveis ambientais mais complexas de se interpretar, tendo em vista o elevado número de fatores que podem ocasionar a sua alteração (ESTEVES, 1998; FIGUEIREDO, 2009; LIMA 2001;). Variações no pH podem ser derivadas de descargas de efluentes de esgotos e outros lançamentos (GALVÃO MIRANDA *et al.*, 2009; NELSON, 2002;). Na resolução 357/05 CONAMA, estabelece que os valores de pH deve estar entre 6 a 9, para as águas doces de classe 2.

Segundo Esteves (1998), no Brasil, ecossistemas aquáticos continentais com pH baixo são encontrados em regiões de terra firme da Amazônia central, podendo corpos d'água apresentarem valores de pH entre 4,0 a 5,5. O pH das águas amazônicas apresenta valores baixos, pois é influenciado pela lixiviação dos solos ácidos e pela grande quantidade de matéria orgânica que se decompõem na forma de ácidos orgânicos (BUENO *et al.*, 2005; CUNHA e PASCOALOTO, 2006; ESTEVES, 1998; PINTO, 2003).

Em estudos de Silva *et al.*, (2008), na análise da qualidade das águas do rio Purus, sudoeste da Amazônia, apresentou em todas as localidades estudadas um pH abaixo do estabelecido por lei, tal fato não influencia negativamente a qualidade da água do rio, sendo este rio a principal fonte de pesca que abastece os mercados de Manaus. Segundo este autor, isso não deve ser encarado como uma desqualificação do corpo d'água, e sim uma necessidade de se enquadrar a legislação vigente nos variados estudos que comprovam a existência de rios brasileiros com pH nas faixa entre o neutro e o ácido, assim como, a caracterização de rios amazônicos com pH baixo.

## Oxigênio Dissolvido

Segundo Esteves (1998), o oxigênio dissolvido é uma das variáveis que apresenta expressivas variações diárias, em relação direta com os processos de fotossíntese, respiração e decomposição no meio aquático. Estes aspectos estão diretamente ligados com o fotoperíodo, assim como, a intensidade luminosa e a temperatura do meio ambiente, podendo ter as chuvas e os ventos importância eventual em tais processos (BUENO *et al.*, 2005; SILVA *et al.*, 2008).

Os valores de oxigênio dissolvido, para a resolução 357/05 CONAMA, não devem ser inferior a 5 mg/L. Valores de oxigênio dissolvido abaixo do estipulado por lei podem caracterizar os efeitos de poluição de rios por dejetos orgânicos em um determinado ponto (BUENO *et al.*, 2005; GALVÃO MIRANDA *et al.*, 2009).

Os organismos vivos dependem do oxigênio para manter seus processos metabólicos de reprodução e produção de energia (GALVÃO MIRANDA *et al.*, 2009). De acordo com Esteves (1998) e Alves *et al.*, (2012) nos ecossistemas amazônicos a principal fonte de oxigênio aquática é de origem atmosférica, aproximadamente 60% de oxigênio. Na análise dos parâmetros de qualidade de água, o oxigênio dissolvido não deve ser interpretado como poluente primário, e sim como poluente consequente (GOMES, 2009).

Pinto (2003) defende que as águas superficiais estão saturadas de oxigênio dissolvido, contudo, tal meio pode ser modificado rapidamente pela expressiva carga de matéria orgânica no ecossistema aquático, oriundo de esgotamentos domésticos.

Cargas de esgotos domésticos, lançadas em corpos d'água que excedem a capacidade de autodepuração do rio, provocam a perda de oxigênio da água, liberação de odores, problemáticas estéticas, (FIGUEIREDO, 2009; GOMES, 2009). Ocorrendo assim, prejuízo a vida dos peixes e outros organismos; a fauna aquática morre por asfixia e não por toxicidade (GALVÃO MIRANDA *et al.*, 2009).

### Condutividade Elétrica

Para Esteves (1998) e Gomes (2009), Condutividade Elétrica esta relacionada com a presença de íons dissolvidos na água, estes sendo partículas carregadas eletricamente favorecem a condutividade do meio, sendo assim, maior a dissolução destes íons maior será a condutividade elétrica da água.

O parâmetro condutividade elétrica não determina quais íons específicos estão presentes no meio, mas auxilia em informações sobre metabolismo de ecossistemas aquáticos e na identificação de fontes de poluição (ESTEVES, 1998). Para Gomes (2009), sendo a condutividade uma medida de carga iônica de amostras, existe uma relação direta entre a mesma com os sólidos totais dissolvidos, significando a quantidade de matéria orgânica e inorgânica dissolvida na água.

Em regiões tropicais, como a região amazônica, valores de condutividade presentes em ambientes aquáticos estão interligados com os aspectos climáticos e com as características geoquímicas da região, devendo-se considerar a sazonalidade da região em períodos de maior e menor precipitação (ESTEVES 1998; LIMA, 2001; SILVA *et al.*, 2008).

Nesse propósito, descargas de esgotos aumentam as concentrações de condutividade elétrica no meio (ALVES *et al.*, 2012; FIGUEIREDO, 2009; GALVÃO MIRANDA *et al.*, 2009) Atrelados as altas temperaturas de regiões tropicais, a exemplo da Amazônia, favorecem a proliferação de bactérias do grupo coliformes (ALVES *et al.*, 2012).

### Sólidos Totais Dissolvidos

O conteúdo de sólidos totais geralmente varia de 20 a 1000mg/L e o limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 é de 500mg/L para os sólidos dissolvidos totais. A característica de dissolução dos íons está intimamente relacionada à presença dos sólidos dissolvidos no meio (GOMES, 2009). Para Lima (2001), para as águas potáveis, a maior parte da matéria esta dissolvida e constitui preferencialmente de sais inorgânicos, gases dissolvidos e pequenas quantidades de matéria orgânica.

## Temperatura da Água

Arcovaet *al.*, (1999) e Bueno *et al.*, (2005) assumem que a principal variável no controle da temperatura da água em rios, é a radiação solar. Sendo que a penetração do feixe de radiação solar depende da quantidade de material suspenso no meio líquido (BUENO *et al.*, 2005). A temperatura da água influencia no retardamento e aceleração das atividades biológicas aquáticas, absorvendo oxigênio e precipitando compostos. Estando moderadamente elevadas causam a perda de gases pela água, assim geram odores e desequilíbrios ecológicos (LIMA, 2001).

## Turbidez

A turbidez da água representa dificuldade da penetração da radiação solar, provocada por partículas em suspensão no meio aquático (GOMES, 2009; PINTO, 2003; SILVA *et al.*, 2008;). Para Eaton (2005), a turbidez é causada por partículas em suspensão, tais como argila, limo, matéria orgânica, organismos microscópicos, entre outros. A presença de tais partículas causa dispersão e absorção da luz dando-lhe característica escura e esteticamente indesejável (GOMES, 2009). Segundo a resolução 357/05 CONAMA, a turbidez aceitável em águas naturais destinadas ao abastecimento é até 100 UNT (Unidade Nefelométrica de Turbidez).

O diagnóstico de partículas em suspensão, ou de outras substâncias no meio aquático, que geram a turbidez, indicam o agravamento de poluição. A turbidez dificulta a penetração dos raios solares sobre a água podendo afetar a realização da fotossíntese e com isso afetando o percentual de oxigênio na água (LIMA, 2001). Os ecossistemas aquáticos podem ser perturbados com a precipitação de tais partículas. Parâmetros como a turbidez tendem a diminuir de acordo com a sua própria dinâmica (ALVARENGA *et al.*, 2012).

Para Alves *et al.*, (2012), em seu trabalho nas águas do Rio Arari, Ilha do Marajó Nordeste do Brasil, parâmetros como temperatura da água, condutividade, sólidos totais e turbidez representam importantes indicadores de qualidade de água, a alteração em tais parâmetros pode estar relacionada à contaminação do rio por esgotos domésticos e ressuspensão de sedimentos.

### **1.3 OBJETIVOS**

#### Objetivo Geral

- Estabelecer a relação da qualidade de água do rio Guamá, com as vertentes climáticas, antrópicas e sociais no município de São Miguel do Guamá, Nordeste Paraense.

#### Objetivos Específicos

- Investigar a influência dos extremos climáticos, El Niño, na sazonalidade da precipitação e da vazão relacionados com os parâmetros de qualidade de água do Rio Guamá em São Miguel do Guamá, Pará.
- Analisar os padrões principais dos parâmetros físico químicos de qualidade de água, associados às atividades antrópicas e a precipitação no rio Guamá, em São Miguel do Guamá, Nordeste Paraense;
- Caracterizar as condições socioambientais do município de São Guamá, em comparação com os municípios adjacentes, no entorno rio Guamá, Pará.

### **1.4 Estrutura da Dissertação**

A pesquisa está estruturada em cinco capítulos. O capítulo 1; com uma introdução geral e uma revisão de literatura necessária ao embasamento dos demais capítulos. O capítulo 2; cujo estudo centra-se na investigação de extremos climáticos, El Niño, associados à qualidade de água do rio Guamá. O capítulo 3; em um estudo das alterações dos parâmetros físico químicos de qualidade de água com as atividades humanas no entorno do rio. Capítulo 4, na correlação de indicadores sociais, saneamento e saúde em São Miguel do Guamá e outros municípios no entorno do rio Guamá. O capítulo 5; com considerações finais gerais da pesquisa.

## **CAPÍTULO 2 EXTREMOS CLIMÁTICOS ASSOCIADOS À QUALIDADE DE ÁGUA DO RIO GUAMÁ, SÃO MIGUEL DO GUAMÁ, PARÁ**

### **Resumo**

O objetivo desse trabalho visa por investigar a influência dos extremos climáticos, El Niño, na sazonalidade da precipitação e da vazão relacionados com os parâmetros de qualidade de água do Rio Guamá em São Miguel do Guamá, Pará. Sendo assim, utilizou-se os parâmetros físico químicos: pH, Oxigênio Dissolvido, Condutividade Elétrica, Sólidos Totais Dissolvidos, Temperatura da água e Turbidez. A coleta de água foi feita em três pontos caracterizados pelo despejo dos resíduos de atividades situadas nas margens do rio, PA (montante) indústria de cerâmica vermelha, PB (centro) efluentes de esgoto doméstico e PC (jusante) atividade madeireira, e através do método de regressão linear foram correlacionadas com os dados diários de precipitação (mm) e vazão do rio ( $m^3/s$ ) para dois períodos distintos, chuvoso e menos chuvoso, entre os anos de 2015 e 2017. Vale ressaltar que há um padrão invertido nos dados de chuva para a região decorrente do El Niño ocorrido em 2015 a 2016. Tal situação gerou poucas chuvas na região, ocasionando assim, fortes correlações positivas e negativas entre as variáveis do sistema nos três pontos de coleta, em virtude do aumento da concentração dos resíduos orgânicos, provenientes das atividades, nas águas do rio.

Palavras-chave: Qualidade de água, extremos climáticos, parâmetros físico químicos, precipitação, vazão.

### **Climatic extremes associated to water quality on Guamáriver, São Miguel do Guamá, Pará.**

### **Abstract**

This paper intends to investigate the influence of climatic extremes, El Niño, on the seasonality of precipitation and flow related to the water quality parameters of the *Guamá River in São Miguel do Guamá, Pará*. For that, the chemical parameters used were: pH, Dissolved Oxygen, Electrical Conductivity, Dissolved Total Solids, Water Temperature and Turbidity. The water collection was done at three points characterized by the dumping of waste activities located on the banks of the river, PA (upstream) red ceramics industry, PB (center) effluent from domestic sewage and PC (downstream) logging activity, and through linear regression method were correlated with daily rainfall (mm) and river ( $m^3 / s$ ) data for two distinct periods, rainy and less rainy, between years 2015 and 2017. It is worth mentioning that there is an inverted pattern in the rainfall data for the El Niño region that occurred from 2015 to 2016. This situation generated few rainfall in the region, resulting in strong positive and negative correlations between the system variables at the three collection points, due to the increase in the concentration of from the activities in the waters of the river.

Key words: Water quality, climatic extremes, physical chemical parameters, precipitation, flow.

## 2.1 INTRODUÇÃO

A água é um dos recursos naturais mais importantes a vida no planeta e sua qualidade reflete não somente suas características físicas e químicas do meio, como também, o funcionamento do ecossistema em sua magnitude (BUENO *et al.*, 2005; LIMA, 2001;). A qualidade hídrica representa um reflexo combinado entre vários fatores que ocorrem ao longo dos cursos de água (PETERS, MEYBECK, 2000).

Para CETESB (2006), através da Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) 357/2005, são definidas como principais variáveis que ordenam os parâmetros físico químicos para avaliar a qualidade das águas: pH, OD, CE, TDS, T.Água e TURB. Embora tais variáveis se inter relacionem, as mesmas podem sofrer influência direta da precipitação e da vazão, modificando assim suas concentrações no meio hidrológico (SILVA *et al.*, 2008).

Segundo Marengo (2006), o ciclo hidrológico na região amazônica colabora significativamente em nível global, com a liberação de vapor de água para a atmosfera e na produção de chuvas, que irão influenciar diretamente no clima. Além das relações entre umidade atmosférica, precipitação e escoamento superficial e vazão do rio (MORAES *et al.*, 2005).

A fase quente do fenômeno, El Niño Oscilação Sul (ENOS), representa um mecanismo oceano-atmosfera associado ao aquecimento anômalo da temperatura da superfície do Mar (TSM) no oceano pacífico tropical, incluindo a costa oeste da América do sul (PEREIRA *et al.*, 2017). Tal mecanismo afeta a circulação atmosférica global, influenciando desta forma na precipitação em diversas localidades do mundo, via teleconexão atmosférica (ANDREOLI *et al.*, 2016), isso inclui uma redução de chuvas na Amazônia, principalmente na porção oriental (GRIMM AMBRIZZI, 2009; PEREIRA *et al.*, 2017).

Nessa perspectiva, a precipitação é caracterizada amplamente pela comunidade científica como uma das variáveis climatológicas mais importantes em regiões tropicais (ALBUQUERQUE *et al.*, 2010). O regime de chuvas no Brasil é constituído por sazonalidades distintas em estações secas e chuvosas em épocas específicas do ano de acordo com cada localização geográfica. (SILVA *et al.*, 2008).

Segundo Figueroa e Nobre (1990), na Amazônia oriental se observam um máximo pluviométrico entre o Pará e o Maranhão. Grande parte desse volume é verificada entre meses de dezembro a maio, o qual está atribuído em maior parte pela atuação de sistemas precipitantes de escala sinótica, como a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), também como foi mostrado por Souza *et al.*, (2004); De Souza; Rocha (2006). Mudanças nos padrões de circulação atmosférica, células de Walker e de Hadley, alteram a nebulosidade convectiva da ZCAS e ZCIT, modulando desta maneira a distribuição de chuvas na região amazônica (SOUZA; AMBRIZZI, 2003; SOUZA *et al.*, 2004).

O rio Guamá, na porção correspondente as margens do município de São Miguel do Guamá, nordeste Paraense, sofre com o despejo de resíduos de atividades econômicas, indústria de cerâmica vermelha e extração madeireira, assim como, efluentes de esgotos domésticos. Os resíduos de tais atividades são influenciadas diretamente pelo regime da precipitação e vazão do rio através do escoamento superficial, colaborando assim em padrões de correlações estatísticas com os parâmetros físico químicos de qualidade de água.

Embora existam várias pesquisas sobre a qualidade de água do Rio Guamá, com importância significativa ao norte do Brasil, nenhum estudo focado nos impactos da precipitação e vazão deste rio ao nordeste Paraense foi realizado. Diante disso, o objetivo desse trabalho visa por investigar a influência dos extremos climáticos, El Niño, na sazonalidade da precipitação e da vazão relacionados com os parâmetros de qualidade de água do Rio Guamá em São Miguel do Guamá, Pará.

## **2.2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.2.1 Área de estudo**

A pesquisa em questão compreende a bacia do rio Guamá, em sua localidade com a porção do município de São Miguel do Guamá, localizado no Nordeste do Estado do Pará, nas coordenadas geográficas: 1° 37' 40" S, 47° 28' 55" W. (Figura 1). A coleta se deu no rio Guamá, na faixa que corresponde à divisa entre os Municípios de São Miguel do Guamá e Irituia. Dividido em três

pontos de coletas distintos, cada um correspondente a porção geográfica do curso de água, Ponto A, PA (Montante do rio)  $1^{\circ}37'44.4''\text{S } 47^{\circ}29'24''\text{W}$ ; Ponto B, PB (Centro do rio)  $1^{\circ}37'26.4''\text{S } 47^{\circ}29'24''\text{W}$ ; Ponto C, PC (Jusante do rio)  $1^{\circ}37'30''\text{S } 47^{\circ}30'0''\text{W}$ .

Os critérios adotados para a escolha dos pontos foram à existência de atividades econômicas e fontes de esgotamento sanitário as margens do rio do Guamá. Ponto A, indústria de cerâmica vermelha; Ponto B, quatro afluentes de esgotos domésticos; Ponto C, atividade madeireira. As características da precipitação e vazão do rio influem diretamente no despejo de resíduos por tais atividades. Os pontos encontraram-se a uma distância de aproximadamente 200 metros um do outro.

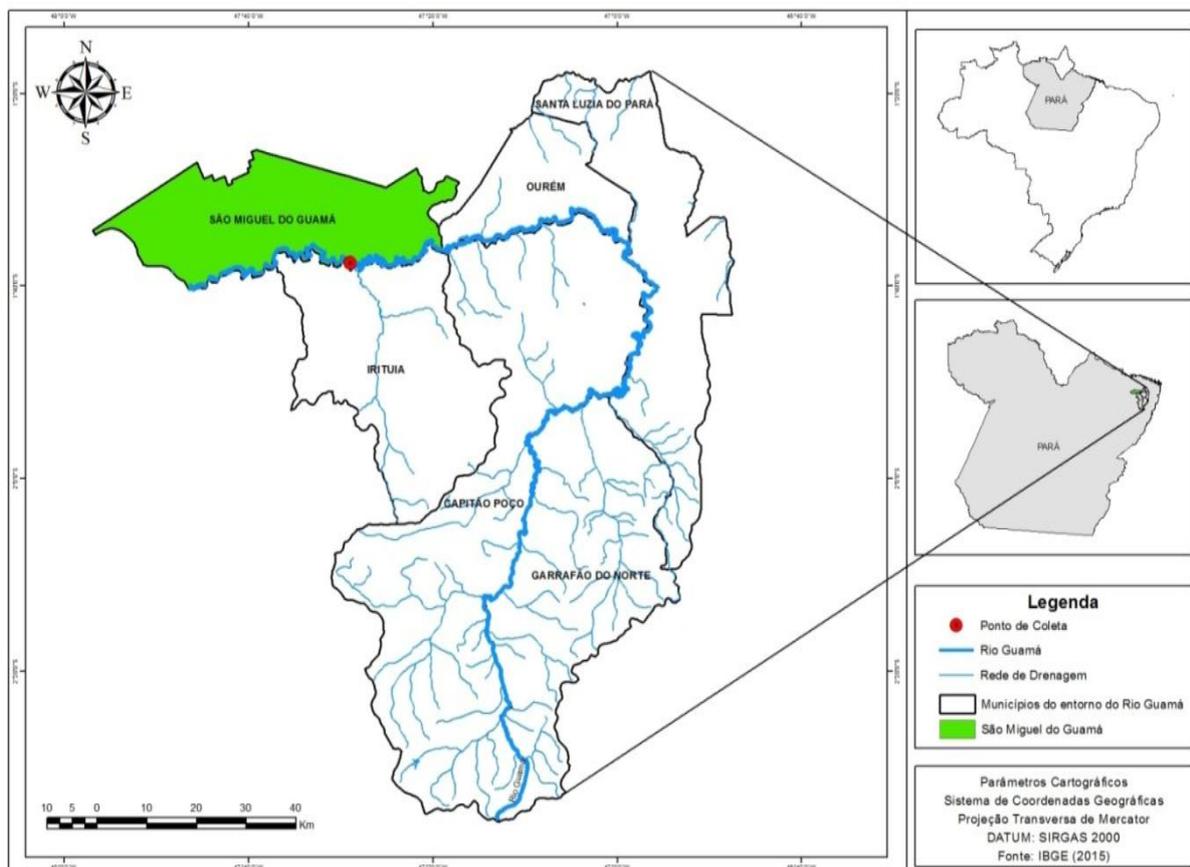


Figura1: Mapa de Localização da Área de Estudo: Rio Guamá, Município de São Miguel do Guamá.

Fonte: IBGE (2017), Elaborado pelo autor.

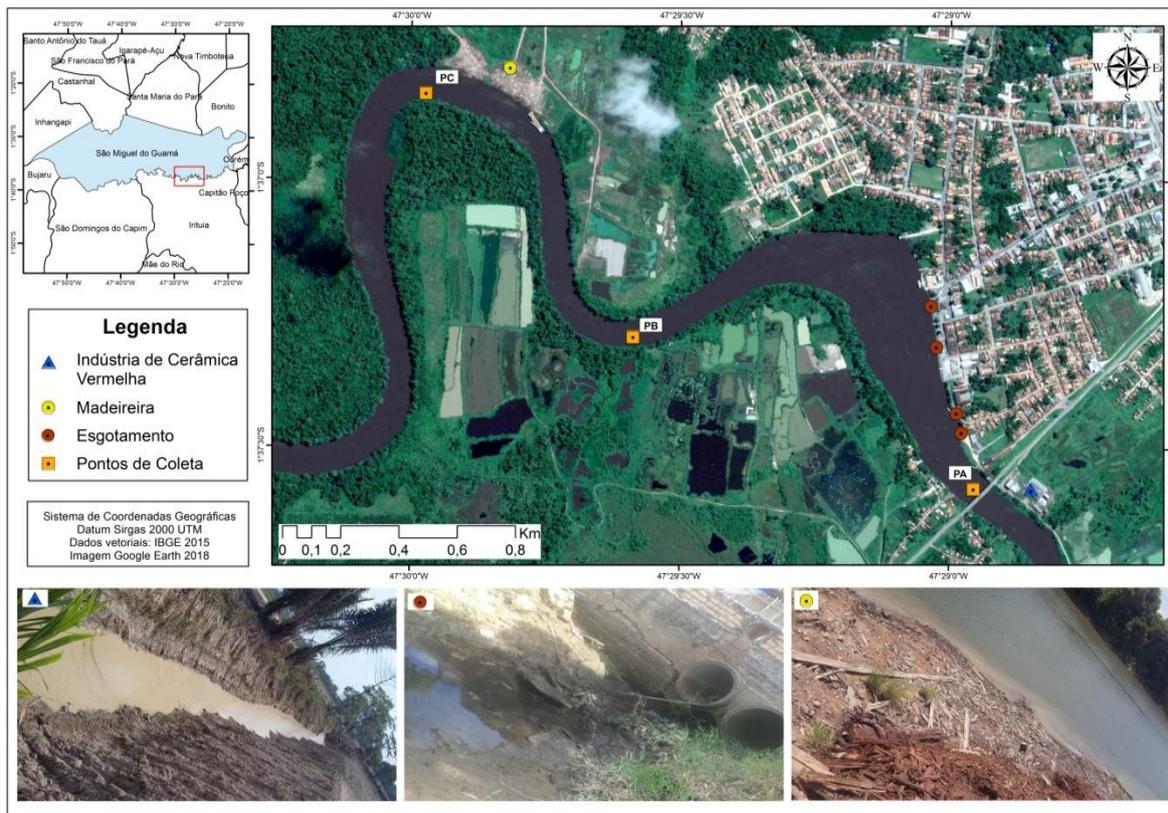


Figura.2: Localização dos pontos de coleta.  
 Fonte: (Google Earth – Set/2017) Elaborado pelo Autor.

## 2.2.2 Dados

As informações de qualidade de água foram obtidas por duas coletas anuais feitas durante o período de 2015 (Fev/Jul); 2016 (Jan/Jun); 2017 (Fev/Jul), totalizando um geral de 6 coletas em períodos sazonais distintos. A escolha dos meses reflete a sazonalidade da região em períodos de maior e menor precipitação.

Os parâmetros de análise para as variáveis físico químicas do presente estudo foram sintetizados conforme a tabela 1. A escolha de tais parâmetros além de representarem as principais variáveis que norteiam os estudos de qualidade de águas em rios, para CETESB (2006) e CONAMA 357/05 são as que mais sofrem influência das estações do ano (SILVA *et al.*, 2008).

Tabela 1: Parâmetros Físico Químicos Analisados.

<b>Parâmetro</b>	<b>Abreviação</b>	<b>Unidades</b>	<b>Determinação</b>
Potencial Hidrogeniônico	pH	---	
Oxigênio Dissolvido	OD	mg/L	Medidor multiparâmetro, HI 9829.
Condutividade Elétrica	CE	$\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$	
Sólidos Totais Dissolvidos	TDS	mg/L	
Temperatura da Água	T.Água	°C	Oxímetro MO-910.
Turbidez	Turb	NTU	Turbidímetro TD 300

Os dados climáticos de precipitação, foram obtidos por meio da técnica do Center MorphingMethod (CMORPH), com dados estimados e interpolados com resolução 8 e 8 km. (HAILE *et al.*, 2015). Utilizaram-se dados diários de precipitação (mm) de 30 minutos e a cada 08 quilômetros, para o período de janeiro de 2015 até Julho de 2017, distribuídos em pontos de grade para o nordeste Paraense, incluindo a região de São Miguel do Guamá, com pares de coordenadas nas extremidades em 1° 37' 40" S, 47° 28' 55" W.

Este método foi selecionado, tendo em vista não haver estações meteorológicas próximas aos pontos de coleta de água. Tal método se baseia em técnicas de sensoriamento remoto importantes na estimativa de chuvas globais, resultando em dados cujos valores são oriundos de sensores de microondas de satélites geoestacionários em órbita polar (JOYCE *et al.*, 2004; RINGARD *et al.*, 2015).

Utilizou-se como critério do cálculo de vazão do rio Guamá, o método da regionalização de vazões mínimas em bacias através de interpolação em sistema de informação geográfica (CHAVES *et al.*, 2002). Tal método foi escolhido tendo em vista não se utilizar qualquer instrumento de medição de vazão do rio nos anos de coleta.

Sendo assim, o cálculo da razão da área de drenagem é aplicado no cálculo de vazão mínima de referência em um ponto de vazão desconhecida, dentro da área de influência de um ponto de vazão conhecida. Tem-se com isso a equação (1):

$$Q_y = \left(\frac{A_y}{A_x}\right) \cdot Q_x(1)$$

Onde  $Q_y$  representa o ponto de Vazão no ponto de coleta da Região de São Miguel do Guamá ( $m^3/s$ ),  $Q_x$  a vazão do rio Guamá na estação fluviométrica de Bom Jardim ( $m^3/s$ ) ponto este mais próximo a área de estudo,  $A_y$ , a área de drenagem para o ponto de coleta em São Miguel do Guamá ( $m^2$ ), e  $A_x$  a área de drenagem do fluviômetro da estação de Bom Jardim ( $m^3/s$ ). Tais dados foram obtidos no site da Agência Nacional de Águas – ANA/SNIRH.

### 2.2.3 Análise Estatística

Foi aplicado o método de regressão linear, através da obtenção do coeficiente de correlação linear de Pearson ( $r$ ), como forma de correlacionar os parâmetros físico químicos de qualidade de água com os dados de precipitação (mm) e vazão do rio Guamá ( $m^3/s$ ). Os valores de precipitação utilizados no presente estudo correspondem ao acumulado de três dias anteriores a coleta, assim como os obtidos na data da mesma.

O coeficiente de correlação linear de Pearson ( $r$ ) corresponde em uma medida de valores entre +1 até -1 o qual quantifica o relacionamento linear entre séries amostrais. Para Spiegel (1972), esta correlação compreende o quociente entre a covariância e o produto dos seus desvios padrões, conforme demonstrado na equação (2).

$$\rho_{x,y} = \frac{COV(X,Y)}{\sigma_X \sigma_Y} (2)$$

Onde, COV representa a covariância; X,Y das variáveis;  $\sigma_X \sigma_Y$  o desvio padrão das variáveis.

Valores próximos de +1 indicam forte correlação direta entre os parâmetros, enquanto que valores próximos de -1 indica forte correlação inversa, valores próximos de zero indicam ausência de correlação. Dancey e Reidy (2005) indicam uma classificação para este coeficiente, sendo que  $r = 0,10$  até  $0,30$  (fraco);  $r = 0,40$  até  $0,60$  (moderado);  $r = 0,70$  até  $1$  (forte).

## 2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 3 mostra que a precipitação e a vazão média mensal para o município de São Miguel do Guamá são similares e que apresentam duas estações bem definidas, uma chuvosa, de Janeiro a Maio, e uma menos chuvosa, de Junho a Dezembro. Vale ressaltar que a precipitação e a vazão apresentam uma defasagem de um mês entre o máximo de precipitação (Março) e o máximo de vazão (Abril). Além disso, nota-se que os valores de máximo e de mínimo de precipitação (vazão) ocorrem durante os meses de Março (Abril), com 778,5mm (837,1 m<sup>3</sup>/s) e em Outubro (Novembro) com 43,5mm (76,17m<sup>3</sup>/s), respectivamente.

A variabilidade pluviométrica mensal no período chuvoso na região esta relacionada com a atuação dos Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis, a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e os sistemas convectivos de mesoescala (SCM), e um período menos chuvoso influenciado principalmente pelos Distúrbios Ondulatórios de Leste e os SCM (AMANAJÁS e BRAGA, 2012; CAMPONOGARA e DA SILVA DIAS, 2011; GERMANO *et al.*, 2017; SOUZA *et al.*, 2004).

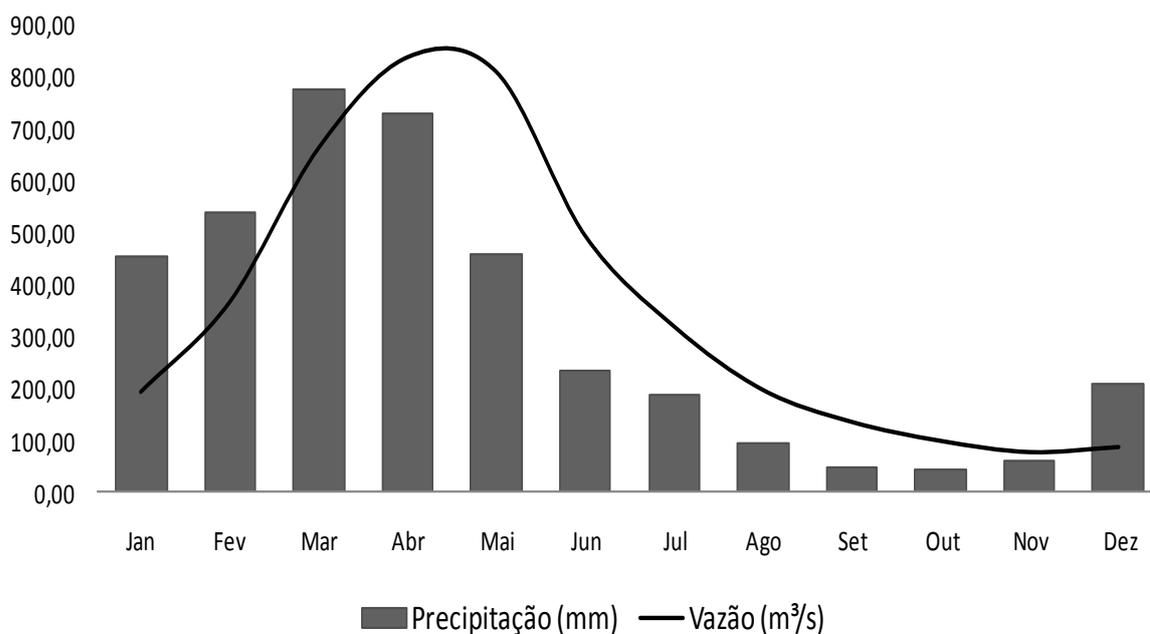


Figura 3: Distribuição normal da precipitação (mm) e da vazão do Rio Guamá (m<sup>3</sup>/s) do Município de São Miguel do Guamá para o período de 1998 a 2017.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A figura 4 mostra as anomalias mensais de precipitação e de vazão do rio Guamá, durante o período de coleta de água (2015 a 2017), com valores preferencialmente negativos de chuva e vazão em 2015 e 2016, evidenciando quantitativos abaixo da normal para a região, exceto para o período chuvoso de 2017. Isto está relacionado com a ocorrência dos Índices de Oscilação Sul (IOS) em sua fase negativa que representa o El Niño, desde Agosto de 2014 (não mostrado) até Maio de 2016, quando se observa a mudança de fase do IOS para valores positivos, ou seja, a fase da La Niña. Segundo a literatura a região norte e nordeste do Brasil sofre redução de chuvas durante o El Niño, e aumento das chuvas na La Niña (PEREIRA *et al.*, 2017; GRIMM, AMBRIZZI, 2009).

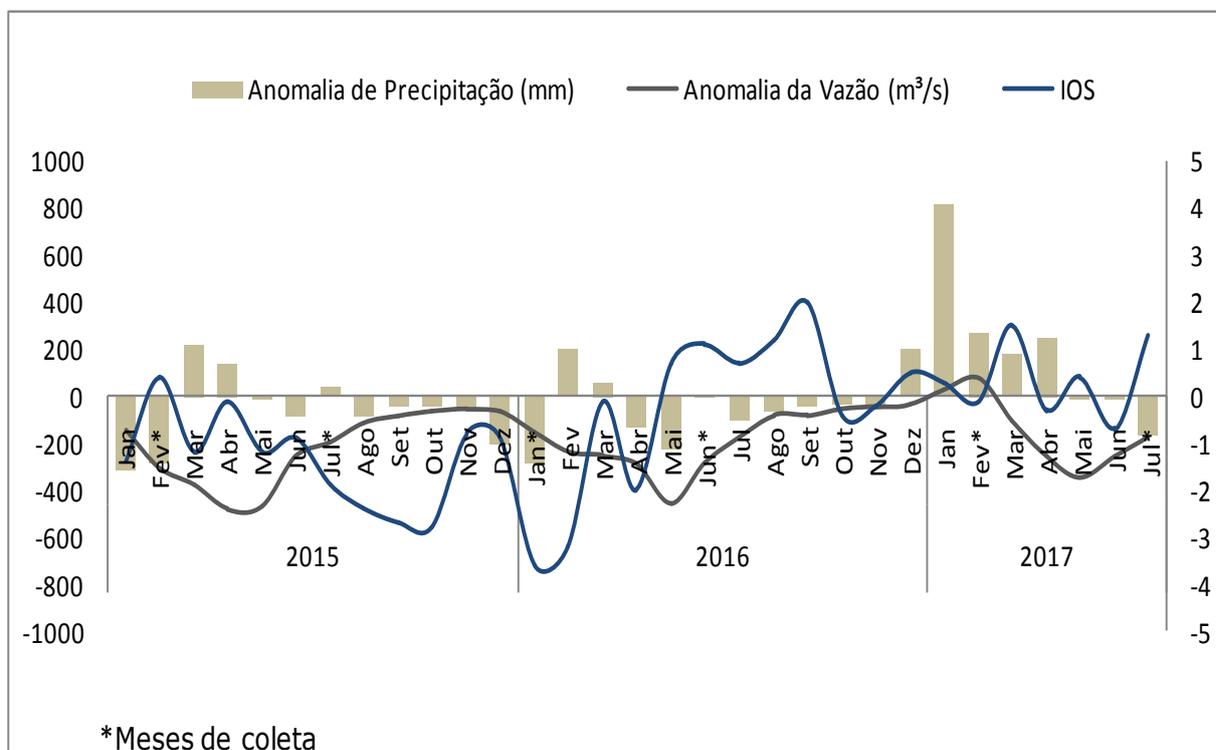


Figura 4: Anomalia mensal de precipitação (mm) e vazão do Rio Guamá ( $m^3/s$ ) do Município de São Miguel do Guamá para os anos de 2015 a 2017. Fonte: Elaborado pelo autor.

A figura 5 mostra a forte correlação positiva entre os acumulados diários de precipitação (mm) e vazão do Rio Guamá ( $m^3/s$ ) ( $r=0,81$ ) ( $p<0,05$ ). Para Fritzson *et al.*, (2003); Medeiros *et al.*, (2009); Santos *et al.*, (2013) a precipitação contribui diretamente para o aumento dos valores de vazão do rio, evidenciando uma proporção direta e linear entre a magnitude das variáveis.

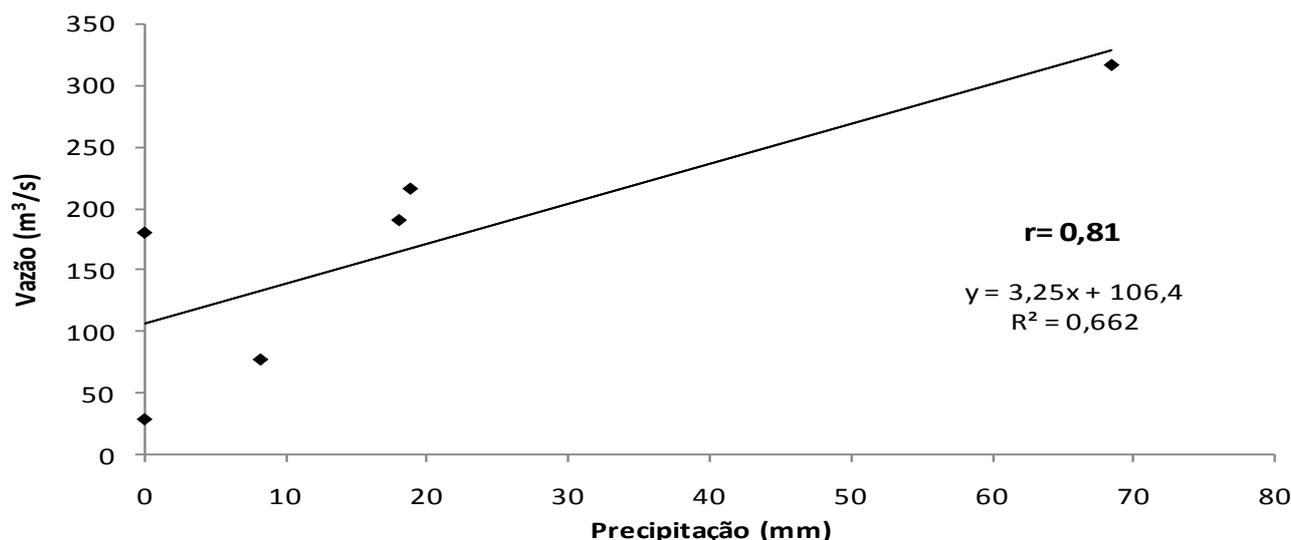


Figura 5: Correlação entre os acumulados diários de precipitação (mm) e Vazão do Rio Guamá (m³/s). Fonte: Elaborado pelo autor.

### 2.3.1 A influência da precipitação na qualidade de água do rio Guamá

A tabela 2 representa a correlação existente entre os parâmetros físico químicos de qualidade de água, pH, OD, CE, TDS, T.Água, TURB e a precipitação diária (mm) para os três pontos de coleta, PA (montante), PB (centro) e PC (juzante) no rio Guamá. É observado a predominância de fortes correlações negativas  $r < -0,7$  (positivas  $r > 0,7$ ), entre pH, OD, CE, TDS, T.Água (TURB) com a precipitação na região para os três pontos no período chuvoso (Fev/2015, Jan/2016, Fev/2017). Como também, fortes correlações negativas entre pH, OD nos três pontos de coleta no período menos chuvoso (Jul/2015, Jun/2016, Jul/2017), com exceção do OD em PA (Jul/2015). As demais correlações demonstraram ser moderadas ou fracas.

Tabela 2: Correlação entre os Parâmetros Físico Químicos de qualidade de água e a precipitação diária (mm) para os três pontos de coleta em períodos sazonais distintos, CH:Chuvoso; MCH: Menos Chuvoso.

Parâmetro por Ponto	Coeficiente de Correlação Linear de Pearson(r)					
	Ponto A		Ponto B		Ponto C	
	CH	MCH	CH	MCH	CH	MCH
pH	-0,89*	-0,99*	-0,98*	-0,92*	-0,98*	-0,83*
OD (mg/L)	-0,99*	-0,32	-0,92*	-0,72*	-0,95*	-0,72*
CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ )	-0,99*	0,40	-0,95*	0,58	-0,98*	-0,12
TDS (mg/L)	-0,98*	0,37	-0,98*	0,46	-0,99*	-0,29
T.Água ( $^{\circ}\text{C}$ )	-0,87*	-0,06	-0,89*	-0,12	-0,89*	-0,29
TURB (NTU)	0,98*	-0,60	0,94*	-0,43	0,96*	-0,01

\*Coeficientes de correlação fortes

A influência da precipitação diária nas correlações de regressão linear com os parâmetros físico químicos de qualidade de água, em um período de extremo climático, El Niño, mostra uma inversão na interpretação dos valores de chuvas para a região de São Miguel do Guamá, ou seja, o período chuvoso, com poucas chuvas, quando se comparado ao período menos chuvoso dos anos de coleta de água. Tal fato pode ser a justificativa das fortes correlações existentes entre os parâmetros de qualidade de água no meses de Jan e Fev nos três anos de coleta. Embora diminua a carga externa de nutrientes sobre o curso d'água em virtude de redução da quantidade de chuvas, a carga interna aumenta pois há uma maior concentração dos mesmos no meio (JEPPESEN *et al.*, 2015).

O pH das águas do rio Guamá apresenta forte correlação negativa com a precipitação diária nos três pontos de coleta, PA, PB e PC para os dois períodos, chuvoso e menos chuvoso, pois é influenciado pela lixiviação dos solos ácidos amazônicos e pela grande quantidade de matéria orgânica que se decompõem na forma de ácidos orgânicos (CUNHA, PASCOALOTO, 2006; HORBE *et al.*, 2009; ESTEVES, 1998). Segundo Esteves (1998), no Brasil, ecossistemas aquáticos continentais com pH baixo são encontrados em regiões de terra firme da Amazônia central, podendo corpos d'água apresentarem valores de pH ácidos. O pH reflete o tipo de solo por onde a água percorre e é influenciado pelo regime de precipitação da região (GOMES, 2009).

A forte correlação negativa de OD e precipitação, também é verificada nos três pontos de coleta, PA, PB e PC para o período sazonal, com exceção para o período menos chuvoso em PA (montante). Tal característica pode estar relacionada à quantidade de madeira oriunda da atividade madeireira em PC (jusante), e resíduos de esgotamento sanitário em PB (centro), que atrelados a um baixo volume de precipitação, associado ao El Niño, acarretam maiores processos de consumo de oxigênio na água. O acréscimo de matéria orgânica no interior dos rios provoca o consumo de oxigênio aquático pela oxidação química e bioquímica, através da respiração dos micro-organismos que depuram a matéria orgânica existente no meio aquático. (GALVÃO MIRANDA *et al.*, 2009; GOMES, 2009; PINTO, 2003).

As correlações existentes entre CE com a precipitação para os três pontos de coleta revelam que mesmo sendo um período de extremo climático, El Niño, CE apresenta um comportamento de correlações específico, em fortes correlações para o período chuvoso e moderadas e fracas correlações para o período menos chuvoso dos anos de coleta de água. Isso pode ser justificado segundo os trabalhos de Lima (2001); Esteves (1998); que abordam que em regiões tropicais, como a região amazônica, valores de condutividade presentes em ambientes aquáticos estão interligados com os aspectos climáticos do meio, devendo-se considerar a sazonalidade da região em períodos de menor precipitação (SILVA *et al.*, 2008).

Os sólidos totais dissolvidos apresentam correlação com a precipitação diária, semelhante ao item anterior, forte negativa (fraca negativa) para o período chuvoso (menos chuvoso), tal fato é explicado segundo Gomes (2009) e Araújo e Oliveira (2013), que defendem uma relação direta entre CE e TDS, pois sendo a condutividade uma medida de carga iônica de amostras, a mesma está intimamente relacionada à presença de sólidos dissolvidos no meio.

As correlações existentes entre T.Água e precipitação diária, forte negativa (fraca negativa) para o período chuvoso (menos chuvoso), justificam que períodos de altas T.Água na Amazônia diferem dos períodos de maior precipitação (ALVES *et al.*, 2012; GALVÃO MIRANDA *et al.*, 2009). Para Sá Filho (2010) e Alves *et al.*, (2012), esta influência está relacionada com a cobertura de nuvens, que no período chuvoso dificultam a incidência dos raios solares sobre as águas do rio, diferentemente do período menos chuvoso o qual a incidência solar sobre as águas é mais intensa. Entretanto, se tratando de um período de El Niño, poucas chuvas, ocorre alta incidência de raios solares sobre o rio Guamá, destacando as fortes correlações existentes entre T.Água e precipitação para os meses Fev e Jan do período de estudo.

A turbidez apresentou correlações fortes positivas (fracas e moderadas positivas) para o período chuvoso (menos chuvoso) nos três pontos de coleta de água. Tal classificação pode ser justificada segundo a literatura pertinente a qualidade de água e precipitação, o qual explica que em períodos chuvosos os valores de turbidez tendem a diminuir, e em períodos menos chuvosos tendem a aumentar (HORBE *et al.*, 2009; SILVA *et al.*, 2008). O El Niño verificado nos anos de coleta, fez com que no período chuvoso a correlação de Turb e vazão

fossem mais elevadas do que no período menos chuvoso, destacando assim as fortes correlações existentes para os meses de Jan e Fev dos anos de coleta.

### 2.3.2 Vazão e qualidade de água

A tabela 3 mostra a correlação existente entre os parâmetros físico químicos de qualidade de água, pH, OD, CE, TDS, T.Água, TURB e a vazão diária ( $m^3/s$ ) para os três pontos de coleta, PA (montante), PB (centro) e PC (juzante) no rio Guamá. Verifica-se a existência de fortes correlações negativas  $r < -0,7$  (positivas  $r > 0,7$ ), entre pH, OD, CE, TDS, T.Água (TURB) nos três pontos no período chuvoso (Fev/2015, Jan/2016, Fev/2017). Fortes correlações negativas também foram verificadas para pH, OD, T.Água, TURB no período menos chuvoso (Jul/2015, Jun/2016, Jul/2017), com exceção para pH em PB, TURB em PC. As demais correlações classificaram-se como moderadas ou fracas.

Tabela 3- Correlação entre os Parâmetros Físico Químicos de qualidade de água e a vazão diária ( $m^3/s$ ) para os três pontos de coleta em períodos sazonais distintos, CH:Chuvoso; MCH: Menos Chuvoso.

\*Coeficientes de correlação fortes.

Parâmetro	Coeficiente de Correlação Linear de Pearson(r)					
	Ponto A		Ponto B		Ponto C	
	CH	MCH	CH	MCH	CH	MCH
pH	-0,91*	-0,81*	-0,99*	-0,43	-0,99*	-0,99*
OD (mg/L)	-0,99*	-0,87*	-0,90*	-0,99*	-0,94*	-0,99*
CE ( $\mu S/cm^{-1}$ )	-0,99*	-0,30	-0,96*	-0,10	-0,99*	0,56
TDS (mg/L)	-0,99*	-0,33	-0,99*	-0,24	-0,99*	0,41
T.Água ( $^{\circ}C$ )	-0,89*	-0,71*	-0,91*	-0,75*	-0,91*	-0,85*
TURB (NTU)	0,99*	-0,98*	0,95*	-0,92*	0,97*	-0,67

É destaque no presente estudo, uma quantidade maior de correlações fortes entre os parâmetros de qualidade de água e os valores de vazão do rio ( $m^3/s$ ) no período chuvoso, em detrimento das correlações dos mesmos parâmetros com os dados de precipitação diária (mm) para o mesmo período. Tal fato pode ser justificado pelas poucas chuvas ocorridas nos anos de coleta, El Niño, diminuírem o nível de água no rio, ocasionando assim um aumento na concentração dos parâmetros existentes no meio (BARBOSA *et al.*, 2012;

JEPPESEN *et al.*, 2015), e conseqüentemente uma maior correlação destes parâmetros com a vazão do rio.

A forte correlação negativa existente entre o pH da água e vazão do rio para os três pontos de coleta, PA, PB PC, tanto no período chuvoso quanto no menos chuvoso, evidencia que há uma tendência da diminuição do pH com o aumento da vazão do rio. Situação também constatada nos trabalhos de Alvarenga *et al.*, (2012); Queiroz *et al.*, (2013); Carvalho e Siqueira (2010). Tais autores defendem a necessidade de não atribuir somente a vazão a explicação pelas alterações nos valores de pH, tendo em vista o rio ser um ambiente dinâmico influenciado por vários outros fatores, tais como; temperatura, gases dissolvidos, sólidos, fatores abióticos.

O Oxigênio dissolvido apresentou fortes correlações negativas nos três pontos de coleta para o período chuvoso e menos chuvoso. Essa característica pode estar associada na relação existente entre a concentração de OD com as variações sazonais de turbulência da água e vazão do rio (BARROS *et al.*, 2012). Alves *et al.* (2012), afirmam que elevadas concentrações de oxigênio dissolvido ocorrem durante o período menos chuvoso, pois o nível da água diminui, favorecendo a elevação das taxas de oxigênio no rio. Fato que justifica no presente estudo, as fortes correlações negativas de OD e vazão para o período chuvoso, que sendo El Niño apresentou poucas chuvas, e para o período menos chuvoso dos anos de coleta de água.

A forte correlação negativa entre CE e vazão do rio Guamá, foi observada para os três pontos de coleta de água somente para o período chuvoso. Tal correlação deve-se ao fato da redução do volume de chuvas, e conseqüentemente da vazão do rio, fazer com que aumente a concentração de sais dissolvidos na água, e assim se eleve os valores de CE (VANZELLA; 2004). Para Rocha *et al.*, (2010) e Santos *et al.*, (2013), a variação sazonal de CE com a vazão, está intimamente relacionada ao regime de precipitação em uma determinada região.

A correlação entre TDS e vazão do rio assemelha-se a observada no item anterior, forte negativa para os três pontos de coleta de água somente para o período chuvoso. Estando TDS em uma relação extremamente direta com CE (GOMES, 2009), espera-se que esta relação inversa de

proporcionalidade, esteja explicada também, pelo aumento da concentração de sais presentes na água, quando a vazão do rio encontra-se baixa.

A forte correlação negativa para T.Água e vazão do rio, e diagnosticada nos três pontos de coleta, PA, PB, PC durante o período chuvoso e menos chuvoso. Segundo Alvarenga *et al.*, (2012) T.Água é um dos parâmetros de qualidade de água mais influenciado pela sazonalidade da vazão. Tal característica está intimamente relacionada às chuvas na região, que no período menos chuvoso apresenta os menores valores de vazão do rio, as taxas de temperatura da água aumentam em decorrência da menor quantidade de nuvens na região (ALVES *et al.*, 2012).

Turbidez apresentou forte correlação positiva (negativa) em todos os pontos de coleta, PA, PB, PC para o período chuvoso (menos chuvoso). A correlação negativa esta de acordo com o que diz Jeppesen *et al.*, (2015), onde períodos com pouca chuvas, acarretam valores elevados de TURB, pois são influenciados pelo aumento dos sólidos inorgânicos causados pela ressuspensão de sedimentos em um período com baixa profundidade da coluna de água. Na literatura, a correlação positiva esta relacionada à presença das chuvas, que causando maiores vazões, favorecem a entrada de materiais particulados na água em decorrência do escoamento superficial (MEDEIROS *et al.*, 2009; OLIVEIRA *et al.*, 2008; SANTOS *et al.*, 2013; BARRETO *et al.*, 2014).

## **2.4 CONCLUSÃO**

Este trabalho verificou a existência de fortes correlações negativas entre os parâmetros de qualidade de água do Rio Guamá e os valores de precipitação e vazão, preferencialmente, no período chuvoso dos anos de coleta (Fev/2015, Jan/2016, Fev/2017). Vale ressaltar que o referido período apresenta um padrão invertido na precipitação, pois sofreu a influência do El Niño, 2015 e 2016, havendo assim uma redução de chuvas na região quando comparado ao período menos chuvoso (Jul/2015, Jun/2016, Jul/2017).

Este fato pode ser caracterizado como o principal motivo das fortes correlações existentes, haja vista que com a redução da precipitação, e

conseqüentemente a diminuição da vazão do rio, a concentração da matéria orgânica proveniente dos resíduos das atividades do entorno do rio aumenta, alterando assim a resposta dos parâmetros no meio aquático.

Em síntese são verificadas fortes correlações entre pH, OD (pH, OD, T.Água, TURB) e a precipitação (vazão do rio) para os três pontos de coleta PA (montante), PB (centro), PC (juzante) durante o período chuvoso, que sofreu com a redução das chuvas, com exceção de OD em PA (pH em PB, TURB em PC). TURB foi à única variável que apresentou fortes correlações positivas para o período chuvoso entre as séries amostrais.

É importante destacar o papel que a sazonalidade da precipitação e a dinâmica da vazão têm na correlação com os parâmetros físico químicos de qualidade de água do Rio Guamá, em São Miguel do Guamá - PA. O presente estudo mostra-se inovador para a região, tendo em vista ser pioneiro na temática dos extremos climáticos associados à qualidade de água no Nordeste Paraense.

O método das correlações lineares, coeficiente de Pearson ( $r$ ), foi utilizado para o melhor entendimento da relação estatística e proporcional existente entre os parâmetros de qualidade de água e as outras variáveis que interferem no sistema. Para analisar a qualidade de água em um rio de maneira correta, é necessário entender sobre todas as vertentes que influem de maneira direta ou indireta no mesmo. Tal metodologia mostra-se eficiente em abordagens interdisciplinares sobre avaliação da qualidade hídrica de rios e problemáticas ambientais.

## **Agradecimentos**

Ao Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais (PPGCA - UFPA) com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). A parceria Universidade Federal do Pará – UFPA e Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA, com o apoio do projeto; Desenvolvimento local Integrado: A Socioeconomia, Proteção e Reabilitação Ambiental da Microbacia do Rio Guamá, Pará, Brasil. Financiado pela Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia – SUDAM.

## Referências

ALBUQUERQUE, Monik Fernandes de; SOUZA, Everaldo Barreiros de; OLIVEIRA, Maria do Carmo Felipe de; SOUZA JÚNIOR, José Augusto de. Precipitação nas mesorregiões do estado do Pará: climatologia, variabilidade e tendências nas últimas décadas (1978-2008). **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 6, 2010.

ALVARENGA, Livia Alves; MARTINS, Maria Paulete Pereira; CUARTAS, Luz Adriana; PENTEADO, Vinicius Alves ; ANDRADE, Alexandra. Estudo da qualidade e quantidade da água em microbacia, afluente do rio Paraíba do Sul – São Paulo, após ações de preservação ambiental. **Revista Ambiente e Água**, v. 7, n. 3, 2012.

ALVES, Igor Charles Castor; EL-ROBRINI, Maamar; SANTOS, Maria de Lourdes Souza; MONTEIRO, Sury de Moura; BARBOSA, Leandro Patrick Ferreira; GUIMARÃES, José Tasso Felix. Qualidade das águas superficiais e avaliação do estado trófico do Rio Arari (Ilha de Marajó, norte do Brasil). **Acta Amazonica**, v. 42, n. 1, 2012.

AMANAJÁS, Jonathan Castro; BRAGA, Célia Campos. Padrões espaço-temporal pluviométricos na Amazônia Oriental utilizando análise multivariada. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 27, n. 4, 2012.

ANDREOLI, R. V.; DE OLIVEIRA, S. S.; KAYANO, M. T., VIEGAS, J.; de SOUZA, R. A. F.; CANDIDO, L. A. The influence of different El Niño types on the South American rainfall. **International Journal of Climatology**, v. 37, n. 3, p. 1374-1390, 2017.

ARAÚJO, Marlyete Chagas de; OLIVEIRA, Maria Betânia Melo de. Monitoramento da qualidade das águas de um riacho da Universidade Federal de Pernambuco, Brasil. **Revista Ambiente e Água**, v. 8, n. 3, 2013.

BARBOSA, J. E. D. L.; MEDEIROS, E. S. F.; BRASIL, J.; CORDEIRO, R. D. S., CRISPIM, M. C. B.; SILVA, G. H. G. D. Aquatic systems in semi-arid Brazil: limnology and management. **Acta Limnologica Brasiliensis**, v. 24, n. 1, p. 103-118, 2012.

BARRETO, Luciano Vieira; FRAGA, Micael de Souza; BARROS, Flávia Mariani; ROCHA, Felizardo Adenilson; AMORIM, Jhones da Silva; CARVALHO, Stênio Rocha de; Paulo Bonomo; SILVA, Danilo Paulúci da. Relação entre vazão e qualidade da água em uma seção de rio. **Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 9, n. 1, p. 118, 2014

BARROS, F. M.; MARTINEZ, M. A.; DE MATOS, A. T.; MOREIRA, D. A. Distribuição quantitativa de variáveis de qualidade da água coletada em diferentes pontos de um perfil transversal do rio Turvo Sujo, MG. **Revista Engenharia na Agricultura-Reveng**, v. 20, n. 1, p. 60-69, 2012.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº357 de 17 de março de 2005. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/conama>. Acesso: 08.06.2017.

BUENO, Lara F.; GALBIATTI, João Antonio; BORGES, Maurício J. Monitoramento de variáveis de qualidade da água do Horto Ouro Verde-Conchal-SP. **Engenharia Agrícola**, p. 742-748, 2005.

CAMPONOGARA, Glauber; SILVA DIAS, Maria A. Fausda. Precipitação diária e estrutura vertical da atmosfera em Belém, PA. **Ciência e Natura**, p. 263-266, 2011.

CARVALHO, Glauca Lemes; SIQUEIRA, Eduardo Queija de. Qualidade da água do Rio Meia Ponte no perímetro urbano do município de Goiânia-Goiás. **REEC-Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 2, n. 1, 2010.

COMPANHIA ESTADUAL TÉCNICA DE SANEAMENTO BÁSICO E DEFESA DO MEIO AMBIENTE (CETESB). **Variáveis de qualidade das águas**. 2006. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br>. Acesso: 08.06.2017.

CHAVES, H. M. L.; ROSA, J. W. C.; VADAS, R. G.; OLIVEIRA, R. V. Regionalização de vazões mínimas em bacias através de interpolação em sistemas de informação geográfica. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 7, n. 3, p. 43-51, 2002.

CUNHA, Hillândia Brandão da; PASCOALOTO, Domitila. Hidroquímica dos rios da Amazônia. **Centro cultural dos povos da Amazônia**, 2006.

DANCEY, C. P.; REIDY, J. Estatística sem matemática para psicologia: usando SPSS para Windows. In: \_\_\_\_\_. Análise de diferença entre duas condições: o Teste t. Porto Alegre: Artmed, 2006, p. 219-248.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. 2.ed. Rio de Janeiro: Interciência/FINEP, 1998. 602 p

FIGUEROA, Silvio N.; NOBRE, Carlos A. Precipitation distribution over central and western tropical South America. **Climanálise**, v. 5, n. 6, p. 36-45, 1990.

FRITZONS, E.; HINDI, E. C., MANTOVANI, L. E.; & RIZZI, N. E. Alterações da qualidade da água do rio Capivari com o deflúvio: um instrumento de diagnóstico de qualidade ambiental. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 8, n. 4, p. 239-48, 2003.

GALVÃO MIRANDA, R.; PEREIRA, S. D. F. P.; ALVES, D. T. V.; OLIVEIRA, G. R. F. Qualidade dos recursos hídricos da Amazônia-Rio Tapajós: avaliação de caso em relação aos elementos químicos e parâmetros físico-químicos. **Ambiente&Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 4, n. 2, p. 75-92, 2009.

GERMANO, M. F.; VITORINO, M. I.; COHEN, J. C. P.; COSTA, G. B.; SOUTO, J. I. D. O.; REBELO, M. T. C.; DE SOUSA, A. M. L. Analysis of the breeze circulations in Eastern Amazon: an observational study. **Atmospheric Science Letters**, v. 18, n. 2, p. 67-75, 2017.

GOMES, L. H. **Alterações de propriedades físico químicas da água tratada com preparados homeopáticos de carbonato de cálcio**. 2009. 58 f.

Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

GRIMM, Alice M.; AMBRIZZI, Tercio. Teleconnections into South America from the tropics and extratropics on interannual and intraseasonal timescales. *In: VIMEUX, Françoise; SYLVESTRE, Florence; KHODRI, Myriam (ed.). Past climate variability in South America and Surrounding regions.* Dordrecht: Springer, 2009. p. 159-191.

HAILE, Alemseged Tamiru; YAN, Fang; HABIB, Emad. Accuracy of the CMORPH satellite-rainfall product over Lake Tana Basin in Eastern Africa. **Atmospheric Research**, v. 163, p. 177-187, 2015.

HORBE, A. M. C., PASCOALOTO, D., SANTOS, H. M. D. C., PINTO, A. G. N., MIRANDA, S. A. F., & DA SILVA, M. D. S. R. Efeitos da ação antrópica sobre a hidrogeoquímica do rio Negro na orla de Manaus/AM. **Acta Amazonica**, v. 39, n.3, p. 627 – 638, 2009.

JEPPESEN, E., BRUCET, S., NASELLI-FLORES, L., PAPASTERGIADOU, E., STEFANIDIS, K., NOGES, T., BUCAK, T. Ecological impacts of global warming and water abstraction on lakes and reservoirs due to changes in water level and related changes in salinity. **Hydrobiologia**, v. 750, n. 1, p. 201-227, 2015.

JOYCE, R. J., JANOWIAK, J. E., ARKIN, P. A., & XIE, P. CMORPH: A method that produces global precipitation estimates from passive microwave and infrared data at high spatial and temporal resolution. **Journal of Hydrometeorology**, v. 5, n. 3, p. 487-503, 2004.

LIMA, E. B. N. **Modelação integrada para gestão da qualidade da água na bacia do rio Cuiabá.** 2001. 186 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia Civil, 2001.

MARENGO, Jose A. On the hydrological cycle of the Amazon Basin: A historical review and current state-of-the-art. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 21, n. 3, p. 1-19, 2006.

MEDEIROS, G. A., ARCHANJO, P., SIMIONATO, R., REIS, F. A. G. V. Diagnóstico da qualidade da água na microbacia do córrego recanto, em Americana, no estado de São Paulo. **Geociências (São Paulo)**, v. 28, n. 2, p. 181-191, 2009.

MORAES, B. C., COSTA, J. M. N., COSTA, A. C. L., & Costa, M. H. Variação espacial e temporal da precipitação no estado do Pará. **Acta Amazonica**, v. 35, p. 207-217, 2005.

NATIONAL WEATHER SERVICE (NOAA). Disponível em: <<http://www.spc.noaa.gov>>. Acesso em 08.06.2017.

OLIVEIRA, L. D., Gomes, B. M., Baumgartner, G., Sebastien, N. Y. Variação espacial e temporal dos fatores limnológicos em riachos da microbacia do rio São Francisco Verdadeiro Spatial and temporal variation in limnological factors

in streamsofthemicro-basinofthe São Francisco Verdadeiro river. **Engenharia Agrícola**, v. 28, n. 4, p. 770-781, 2008.

PEREIRA, H. P.; REBOITA, Michelle Simões; AMBRIZZI, Tércio. Características da Atmosfera na Primavera Austral Durante o El Niño de 2015/2016. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 32, p. 293-310, 2017.

PETERS, Norman E.; MEYBECK, Michel. Water quality degradation effects on freshwater availability: impacts of human activities. **WaterInternational**, v. 25, n. 2, p. 185-193, 2000.

PINTO, A. Luiz. **Saneamento básico e qualidade das águas subterrâneas**. Campo Grande: UFMG, 2003. p.11-55.

QUEIROZ, Manoel Moisés F. de; DANTAS, Edilândia Farias; DA SILVA, Antonio Lopes. Qualidade e quantidade da água do rio piacó, teibutário do rio piranhas açu na região nordeste. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 2, p. 50-58, 2013

RINGARD, J., BECKER, M., SEYLER, F., LINGUET, L. Temporal and spatial assessment of four satellite rainfall estimates over French Guiana and North Brazil. **Remote Sensing**, v. 7, n. 12, p. 16441-16459, 2015.

ROCHA, F. A., OLIVEIRA, M. S. C., MELO, A., BARROS, F., BARRETO, L. Variáveis de qualidade de água influenciadas pelo tipo e época de amostragem, no rio Catolé–BA. **Enciclopédia Biosfera, Goiânia**, v. 6, n. 11, 2010.

SÁ FILHO, JAR de. **Avaliação qualitativa das águas no sistema da macrodrenagem da Bacia do Tabuleiro do Martins-Maceió/AL**. 2010. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento, Universidade Federal de Alagoas, 2010.

SANTOS, Q. R., SOUZA FRAGA, M., ULIANA, E. M., SANTOS REIS, A., BARROS, F. M. Monitoramento da qualidade da água em uma seção transversal do rio Catolé, Itapetinga-BA. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia**, v. 9, n.16, p. 1503- 1519, 2013.

SILVA, A. E. P., ANGELIS, C. F., MACHADO, L. A. T., WAICHAMAN, A. V. Influência da precipitação na qualidade da água do Rio Purus. **ActaAmazônica**, v. 38, n. 4, p. 733-742, 2008.

SOUZA, EB de; AMBRIZZI, T. Pentad precipitation climatology over Brazil and the associated atmospheric mechanisms. **Climanálise**, São José dos Campos, v. 5, n. 6, p.36-44, 2003.

SOUZA, EB de; KAYANO, M. T.; AMBRIZZI, T. The regional precipitation over the eastern Amazon/northeast Brazil modulated by tropical Pacific and Atlantic SST anomalies on weekly timescale. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 19, n. 2, p. 113-122, 2004.

SOUZA, E. B. de; ROCHA, E. J. P. Diurnal variations of rainfall in Bragança-PA (eastern Amazon) during rainy season: mean characteristics and extreme events. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 21, n. 3, p. 142-152, 2006.

SPIEGEL, M. R. **Estatística**. São Paulo: McGraw-HILL, 1972. p. 580.

VANZELA, Luis Sergio. **Qualidade de água para a irrigação na microbacia do córrego Três Barras no município de Marinópolis, SP**. 2004. xi, 91f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2004.

## **CAPÍTULO 3 AS ATIVIDADES ANTRÓPICAS NA MODULAÇÃO DA QUALIDADE DE ÁGUA DO RIO GUAMÁ, EM SÃO MIGUEL DO GUAMÁ, PARÁ.**

### **Resumo**

O objetivo do presente estudo visa por analisar os padrões principais dos parâmetros físico químicos de qualidade de água, associados às atividades antrópicas no rio Guamá, em São Miguel do Guamá, Nordeste Paraense. Sendo assim, utilizou-se os parâmetros físico químicos: pH, Oxigênio Dissolvido, Condutividade Elétrica, Sólidos Totais Dissolvidos, Temperatura da água e Turbidez. A coleta de água foi feita em três pontos caracterizados pelo despejo dos resíduos de atividades situadas nas margens do rio, o ponto A (montante) indústria de cerâmica vermelha, o ponto B (centro) esgotos domésticos e o ponto C (jusante) atividade madeireira, e através do método da análise dos componentes principais foram correlacionadas e analisadas em uma escala temporal de 6 coletas mensais entre os anos de 2015 e 2017. A pesquisa revelou que os parâmetros apresentam diferenças estatísticas significativas entre as séries amostrais anuais, e não significativas entre a escala espacial por pontos de coleta, verificando nas Componentes Principais, CPS, fortes correlações em meses de coleta com baixo regime de precipitação na região.

Palavra Chave: atividades antrópicas, parâmetros físico químicos, qualidade de água.

### **Abstract**

The objective of the present study is to analyze, through the analysis of the main components, the correlation between the physical parameters of water quality and the discharge of waste from anthropic activities in the Guamá River, in. Thus, the chemical parameters were used: pH, Dissolved Oxygen, Electrical Conductivity, Dissolved Total Solids, Water Temperature and Turbidity. The collection of water was done at three points characterized by the dumping of waste from activities located on the banks of the river, PA (boom) red ceramic industry, PB (center) domestic sewage and PC (downstream) logging activity, and through the method of analysis of the main components were correlated and analyzed on a time scale of 6 monthly collections between the years 2015 and 2017. The research revealed that the parameters present significant statistical differences between the annual sample series, and not significant between the spatial scale by points collection, and verified in the SPC strong correlation in months of collection with low precipitation regime in the region.

Key words: anthropic activities, chemical parameters, water quality,

### 3.1 INTRODUÇÃO

Problemas relacionados a qualidade de água apresentam um aspecto potencialmente vasto dentro da área de estudos hidroambientais, e se relacionam na identificação de fontes de contaminação, que podem ser por despejos inadequados de resíduos líquidos ou sólidos, de natureza doméstica ou industrial, alterações geradas por empreendimentos na geração de energia, como também, práticas agrícolas realizadas em pequenas bacias urbanas. (VASCONCELOS; SOUZA, 2011).

A interferência do homem nesse contexto de poluição hídrica relacionada a alterações nas propriedades físicas, químicas e biológicas do meio, tem afetado significativamente o potencial da qualidade da água, assim como diminuído a biodiversidade aquática. (BORGES *et al.*, 2003). A contaminação e poluição ambiental tem sido uma das grandes preocupações no meio tecnológico e científico na atualidade. (BONACIN SILVA, 2001).

Nesse sentido, Tundisi (2005), afirma que como consequência desses processos de contaminação, oriundos de descargas residuais humanas e animais, há o transporte de uma variedade de patógenos, entre eles bactérias, vírus, protozoários e organismos multicelulares, que contribuem com a proliferação de inúmeras doenças de veiculação hídrica.

Sustâncias químicas são consideradas outro tipo de contaminante do padrão de qualidade das águas, podendo acarretar uma variedade de enfermidades hídricas. Tais substâncias sendo de origem orgânica, pesticidas, ou inorgânicas, metais pesados, de toxicidades elevadas, são prejudiciais a saúde do homem. Problemas referentes aos contaminantes químicos na água estão relacionados com efeitos acumulativos em micro doses ao serem ingeridos em longos períodos (SILVA, 2010).

Para Grigoletti (2001), resíduos gerados na produção de materiais de construção aumentam o impacto ambiental e representam um consumo de recursos naturais além do necessário. É importante ressaltar, o aspecto da geração de resíduos na produção de materiais de construção, a significância do desperdício e perdas durante o processo produtivo, assim como, a necessidade de tais fatores serem reduzidos a partir da adoção de estratégias adequadas. (GRIGOLETTI, 2001).

Nessa perspectiva o objetivo do presente estudo visa por analisar os padrões principais dos parâmetros físico químicos de qualidade de água, associados às atividades antrópicas e a precipitação no rio Guamá, em São Miguel do Guamá, Nordeste Paraense.

## **3.2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **3.2.1 Área de Estudo**

A pesquisa em questão compreende o rio Guamá, em sua localidade com a porção do município de São Miguel do Guamá, localizado no Nordeste do Estado do Pará, nas coordenadas geográficas: 1° 37' 40" Sul, 47° 28' 55" Oeste. Conforme a figura 1.

A coleta se deu no rio Guamá, na faixa que corresponde a divisa entre os Municípios de São Miguel do Guamá e Irituia. Dividido em três pontos de coletas distintos, cada um correspondente a porção geográfica do curso de água, Ponto A, PA (Montante do rio) 1°37'44.4"S 47°29'24"W; Ponto B, PB (Centro do rio) 1°37'26.4"S 47°29'24"W; Ponto C, PC (Jusante do rio) 1°37'30"S 47°30'0"W.

São Miguel do Guamá é um município brasileiro do estado do Pará, localizada na mesorregião do nordeste paraense e na microrregião do Guamá, faz fronteiras com os municípios de Santa Maria do Pará e Bonito ao Norte, Ourém a leste, São Domingos do Capim e Irituia ao Sul e Inhangapi e Castanhal a Oeste. São Miguel do Guamá é cortado pelo Rio Guamá, de Oeste para Leste apresenta 9 metros de altitude, situando-se a 48 km de Capitão Poço e a 150 km de Belém (IBGE, 2018).

Os critérios adotados para a escolha dos pontos foram à existência de atividades econômicas e fontes de esgotamento sanitário as margens do rio do Guamá. Ponto A, indústria de cerâmica vermelha; Ponto B, quatro afluentes de esgotos domésticos; Ponto C, atividade madeireira. As características sazonais, precipitação e vazão do rio, influem diretamente no despejo de resíduos por tais atividades. Os pontos encontraram-se a uma distância de aproximadamente 200 metros um do outro.

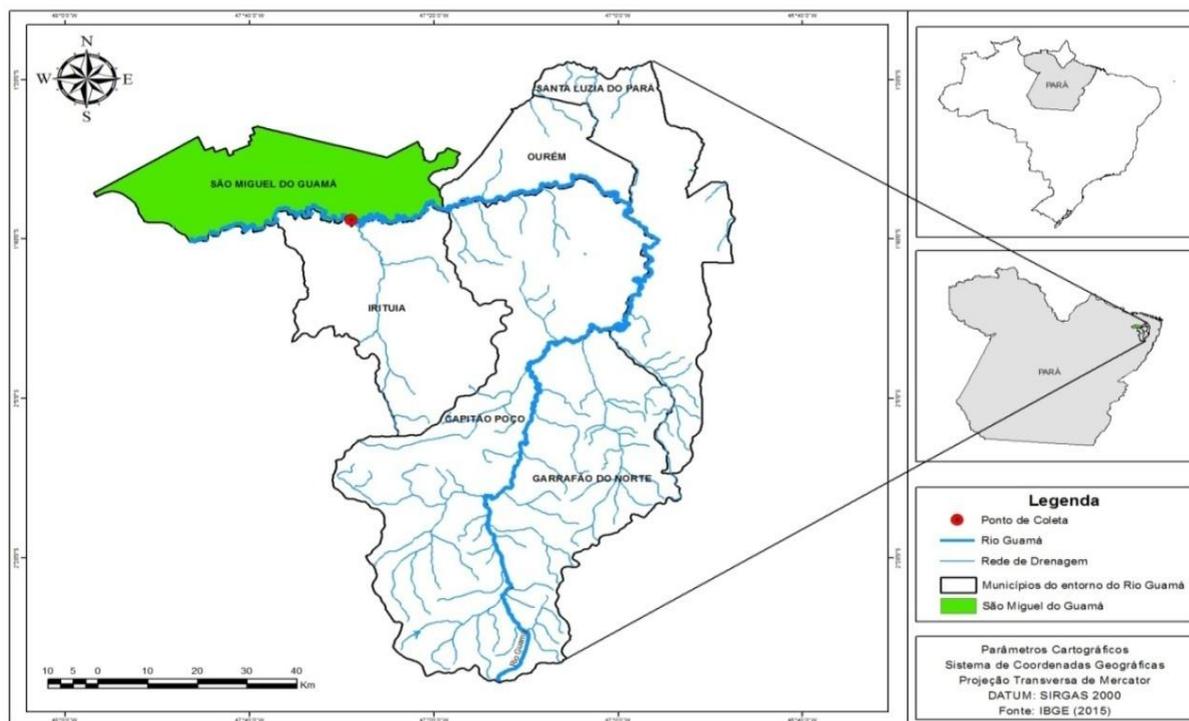


Figura 1- Mapa de Localização da Área de Estudo: Rio Guamá, Município de São Miguel do Guamá.

Fonte: IBGE (2017), Elaborado pelo autor.

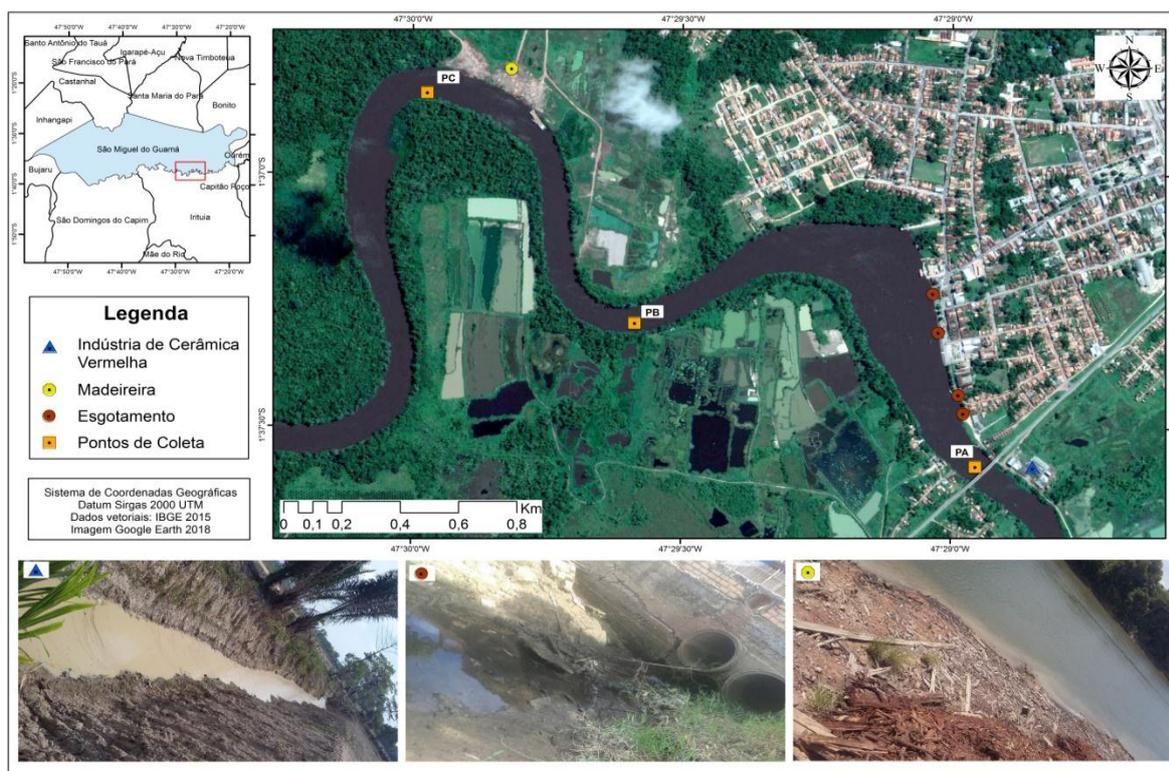


Figura 2- Localização dos pontos de coleta.

Fonte: (Google Earth – Set/2017) Elaborado pelo Autor.

### 3.2.2 Dados

As informações de qualidade de água foram obtidas por duas coletas anuais feitas durante o período de 2015 (Fev/Jul); 2016 (Jan/Jun); 2017 (Fev/Jul), totalizando um geral de 6 coletas em períodos sazonais distintos. A escolha dos meses reflete a sazonalidade da região em períodos distintos de precipitação.

Os parâmetros de análise para as variáveis físico químicas do presente estudo foram sintetizados conforme a tabela 1. A escolha de tais parâmetros além de representar as principais variáveis que norteiam os estudos de qualidade de águas em rios para Cetesb (2006) e Conama 357/05 são as que mais sofrem influencia das estações do ano (SILVA *et al.*, 2008).

Tabela 1- Parâmetros Físico Químicos Analisados, unidades e determinação.

<b>Parâmetro</b>	<b>Abreviação</b>	<b>Unidades</b>	<b>Determinação</b>
Potencial Hidrogeniônico	pH	---	
Oxigênio Dissolvido	OD	mg.L <sup>-1</sup>	Medidor multiparâmetro, HI 9829.
Condutividade Elétrica	CE	µS.cm <sup>-1</sup>	
Sólidos Totais Dissolvidos	TDS	mg.L <sup>-1</sup>	
Temperatura da Água	T.Água	°C	Oxímetro MO-910.
Turbidez	Turb	NTU	Turbidímetro TD 300

Os dados climáticos, precipitação, foram obtidos por meio da técnica do Center MorphingMethod (CMORPH), com dados estimados e interpolados com resolução 8 e 8 km. (HAILE *et al.*, 2015). Utilizaram-se dados diários de precipitação (mm) de 30 minutos e a cada 08 quilômetros, para o período de janeiro de 2015 até Julho de 2017, distribuídos em pontos de grade para o nordeste Paraense, incluindo a região de São Miguel do Guamá, com pares de coordenadas nas extremidades em 1° 37' 40" S, 47° 28' 55" W.

### 3.2.3 Análise Estatística

A associação entre as variáveis que influenciam a qualidade da água do Rio Guamá e os padrões de sazonais da região estudada foram identificadas mediante o uso de análise estatística multivariada - Análise de Componente Principal (ACP) e teste T – student, com significância de 95%.

Foram escolhidos dois experimentos que mostrassem valores de correlação elevadas para os autovetores, acima de 80% da variância total acumulada, nas primeiras CPS. Sendo assim, o primeiro experimento corresponde a correlação de CE, T.Água, TDS, Turb, e o segundo experimento entre o pH e OD.

Na determinação da Componente Principal, CP, o primeiro passo foi calcular a matriz de covariância por meio da normalização dos valores originais, visando eliminar problemas de unidades de medidas e escalas diferenciadas o qual os parâmetros são medidos (ANDRADE *et al.*, 2007; HAIR *et al.*, 2005), em seguida foram calculados os autovalores, coeficientes de expansão temporal, e os autovetores, coeficientes de expansão espacial, gerando as novas variáveis denominadas de componentes principais.

Os dados originais dos parâmetros, matriz X1 para o primeiro experimento e matriz X2 para o segundo experimento, foram transformados em uma análise de covariância, matriz S1 e S2 coincidindo com o número de experimentos descritos. A matriz de covariância S1 apresentou a característica de S1 (t x s) onde t=6 e s=12, e a S2 (t x s) onde t=6 e s=6. A matriz de covariância S é obtida conforme a Equação 1:

$$(1) S = \frac{1}{N}(X.X^T)$$

Foi empregada a rotação ortogonal, método varimáx, a fim de evitar erros referentes à extração e interpretação da matriz. Tal método é usado para superar as limitações gerando uma nova matriz com melhor interpretação dos dados (ANDRADE *et al.*, 2007). Em suma, o método consistiu em reescrever as coordenadas das variáveis originais, com suas combinações lineares, em n - componentes principais, com suas ortogonalidades, expressos em ordem decrescente de máxima variância.

### 3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A figura 1 representa a influência da sazonalidade da precipitação na dinâmica na produção da indústria de cerâmica vermelha, no despejo de poluentes por esgoto doméstico, na extração madeira oriunda da atividade madeireira; presentes no entorno do rio Guamá, em São Miguel do Guamá.

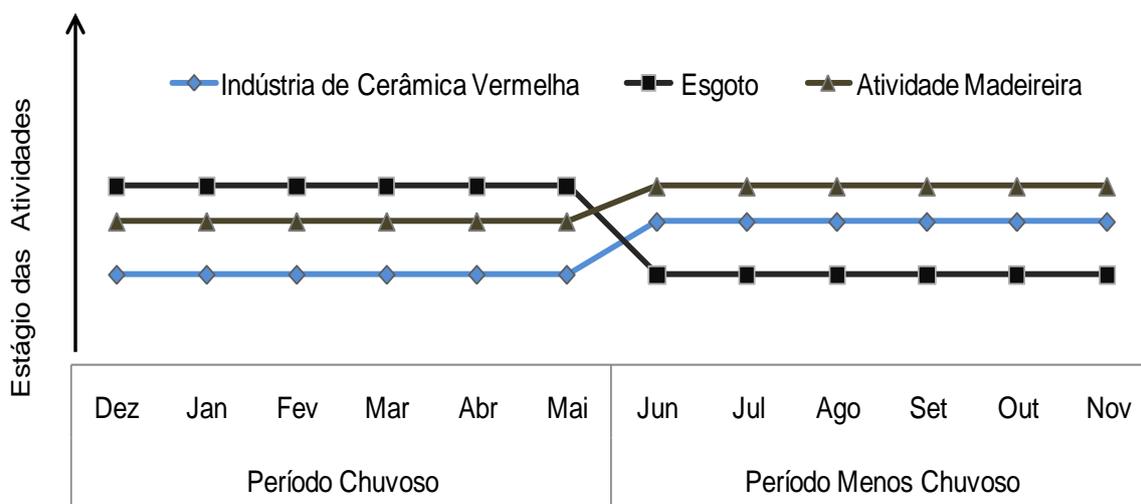


Figura 3: Sazonalidade das atividades antrópicas no entorno do rio Guamá, São Miguel do Guamá.

Fonte: Elaborada pelo autor.

A fabricação de telhas e tijolos ocorre em períodos com poucas chuvas, tendo em vista que a sua produção em períodos com precipitação afeta os processos de extração da matéria prima do solo, escavação, e secagem do produto final (MAGALHÃES, 2016). O período chuvoso, transposta maior quantidade de resíduos oriundos do esgotamento sanitário para dentro do rio Guamá, pois conforme Galvão Miranda *et al.*, (2009) a precipitação está intimamente relacionada ao escoamento superficial do solo que carrega poluentes para dentro da bacia de drenagem.

A exploração madeireira é realizada, preferencialmente, em períodos com poucas chuvas, tendo em vista que há maiores dificuldades logísticas e operacionais na realização da exploração durante a estação chuvosa (PIRES *et al.*, 2015). Mota *et al.*, (2009) defendem que as atividades no setor produtivo são dependentes da variação pluviométrica de cada região, estando a sociedade vulnerável a dinâmica e variabilidade dos sistemas climáticos locais.

A tabela 2 mostra os valores correspondentes às médias e desvios padrões dos parâmetros físico químicos de qualidade de água nos seus respectivos anos de coleta. Como também os Valores Máximos Permitidos (VMP) conforme a Resolução nº357/2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente.

**Tabela 2:** Valores de médias gerais e desvios padrões gerais dos parâmetros (Média±SD).Dados por ponto e período de coleta.

Parâmetro	Ponto	1º Coleta	2º Coleta	3º Coleta	4º Coleta	5º Coleta	6º Coleta	VMP*
pH	PA	5,52±0,26 <sup>C</sup>	5,59±0,03 <sup>C</sup>	6,06±0,08 <sup>A</sup>	5,64±0,15 <sup>BC</sup>	5,05±0,05 <sup>D</sup>	5,96±0,00 <sup>AB</sup>	6 - 9
	PB	5,85±0,42 <sup>AB</sup>	5,58±0,00 <sup>ABC</sup>	6,05±0,04 <sup>A</sup>	5,43±0,04 <sup>BC</sup>	5,05±0,05 <sup>C</sup>	5,84±0,01 <sup>AB</sup>	
	PC	5,83±0,27 <sup>AB</sup>	5,63±0,07 <sup>BC</sup>	6,07±0,02 <sup>A</sup>	5,74±0,15 <sup>AB</sup>	5,23±0,04 <sup>C</sup>	5,88±0,03 <sup>AB</sup>	
OD (mg.L <sup>-1</sup> )	PA	4,35±0,63 <sup>C</sup>	1,66±0,19 <sup>E</sup>	4,39±0,04 <sup>C</sup>	6,60±0,13 <sup>A</sup>	2,76±0,12 <sup>D</sup>	5,43±0,10 <sup>B</sup>	<5
	PB	5,12±0,17 <sup>C</sup>	3,54±0,05 <sup>E</sup>	4,55±0,06 <sup>D</sup>	6,53±0,09 <sup>B</sup>	3,01±0,02 <sup>F</sup>	7,57±0,11 <sup>A</sup>	
	PC	5,12±0,17 <sup>BC</sup>	3,49±0,00 <sup>E</sup>	4,97±0,14 <sup>C</sup>	6,04±0,50 <sup>B</sup>	2,58±0,11 <sup>F</sup>	6,95±0,07 <sup>A</sup>	
CE (µS.cm <sup>-1</sup> )	PA	42,33±1,15 <sup>C</sup>	31,66±0,57 <sup>E</sup>	45,33±0,57 <sup>B</sup>	50,00±1,00 <sup>A</sup>	33,66±0,57 <sup>D</sup>	33,00±0,00 <sup>D</sup>	-
	PB	42,33±1,15 <sup>B</sup>	32,06±0,00 <sup>CD</sup>	47,00±1,00 <sup>B</sup>	54,66±5,85 <sup>A</sup>	35,33±0,57 <sup>C</sup>	28,00±1,00 <sup>D</sup>	
	PC	42,33±1,15 <sup>B</sup>	33,00±1,00 <sup>CD</sup>	45,66±0,57 <sup>A</sup>	28,33±0,57 <sup>E</sup>	34,33±1,15 <sup>C</sup>	31,33±0,57 <sup>D</sup>	
TDS (mg.L <sup>-1</sup> )	PA	21,33±0,57 <sup>B</sup>	16,00±0,00 <sup>C</sup>	23,00±0,00 <sup>AB</sup>	25,00±1,73 <sup>A</sup>	17,00±0,00 <sup>C</sup>	17,00±0,00 <sup>C</sup>	<500
	PB	21,66±0,57 <sup>B</sup>	16,00±0,00 <sup>C</sup>	23,33±0,57 <sup>AB</sup>	27,33±3,51 <sup>A</sup>	16,66±0,57 <sup>BC</sup>	16,00±0,00 <sup>C</sup>	
	PC	21,66±0,57 <sup>B</sup>	16,33±0,57 <sup>CD</sup>	23,00±0,00 <sup>A</sup>	14,66±0,57 <sup>E</sup>	17,33±0,57 <sup>C</sup>	16,00±0,00 <sup>D</sup>	
T.Água (°C)	PA	27,87±0,02 <sup>B</sup>	26,29±0,01 <sup>E</sup>	29,24±0,00 <sup>A</sup>	27,39±0,11 <sup>C</sup>	26,90±0,00 <sup>D</sup>	26,86±0,01 <sup>D</sup>	-
	PB	27,94±0,01 <sup>B</sup>	26,42±0,04 <sup>E</sup>	29,22±0,00 <sup>A</sup>	27,29±0,01 <sup>C</sup>	26,89±0,00 <sup>D</sup>	26,92±0,00 <sup>D</sup>	
	PC	27,99±0,03 <sup>B</sup>	26,52±0,08 <sup>E</sup>	29,23±0,01 <sup>A</sup>	27,13±0,02 <sup>C</sup>	26,91±0,00 <sup>D</sup>	26,96±0,00 <sup>D</sup>	
Turb (NTU)	PA	8,27±0,45 <sup>D</sup>	11,09±0,10 <sup>C</sup>	5,99±0,29 <sup>E</sup>	12,50±0,16 <sup>B</sup>	14,42±0,20 <sup>A</sup>	12,65±0,22 <sup>B</sup>	<100
	PB	9,62±0,84 <sup>D</sup>	11,06±0,33 <sup>C</sup>	5,71±0,32 <sup>E</sup>	13,23±0,16 <sup>B</sup>	14,54±0,10 <sup>A</sup>	12,97±0,07 <sup>B</sup>	
	PC	9,11±0,80 <sup>D</sup>	11,02±0,08 <sup>C</sup>	5,73±0,35 <sup>E</sup>	14,17±0,76 <sup>A</sup>	14,62±0,19 <sup>A</sup>	12,53±0,24 <sup>B</sup>	

Nota: Médias seguidas pela mesma letra, em uma linha, não apresentam diferença significativa entre si, segundo o teste Tuckey (95%). Os itens com tracejado (-) não são preconizados pela Resolução. \*VMP: Valores máximos Permitidos pela Resolução nº357/2005.

Por meio da análise de variância, seguido do Teste de Tukey, é verificado diferenças significativas entre o pH da água nas séries amostrais, com os maiores valores (menores valores) na 3º coleta (5º coleta). Valores de pH no referido estudo se enquadram em uma escala levemente inferior a

estipulada pela resolução CONAMA 357/2005, pH: 6 a 9. Tais valores não devem ser caracterizados como indícios de problemáticas ambientais, tendo em vista as águas da região norte do Brasil apresentarem pH baixo. Vários estudos em rios brasileiros constatarem um pH levemente ácido em águas amazônicas, sem contudo causar danos a saúde e ao meio ambiente. (ALVES *et al.*, 2012; BUENO *et al.*, 2005; HORBE *et al.*, 2009; MAIER, 1987; SILVA *et al.*, 2008). O pH ácido do rio é justificado pelos processos de escoamento superficial sobre o solo ácido amazônico (CUNHA; PASCOALOTO, 2006; HORBE *et al.*, 2009).

Os valores de OD, verificados nas séries amostrais, apresentam diferenças significativas ao longo dos períodos de coleta, com destaque para Jun/2015 (2º Coleta) e Fev/2017 (5º Coleta), o qual é constatado valores abaixo do estipulado pela resolução CONAMA 357/2005, < 5mg/L. Tal fato pode ser justificado pela presença de chuvas nos dois períodos citados, o que favorece maiores processos de lixiviação dos solos, maiores fluxos de substâncias para dentro das águas do rio, e conseqüentemente maior consumo de OD pela fauna aquática, diminuindo assim os valores OD no meio (ALVARENGA *et al.*, 2012; GALVÃO MIRANDA *et al.*, 2009). (PINTO, 2003); O despejo de argila, proveniente da indústria de cerâmica em PA (montante), os efluentes de esgotamentos domésticos em PB (centro) e a elevada quantidade de madeira oriunda da atividade madeireira em PC (jusante), somada aos meses com chuvas na região, acabam por favorecer a diminuição de OD nas águas do rio Guamá.

Condutividade elétrica apresenta diferenças significativas entre os períodos de coleta de água, com destaque aos anos de Fev/2015 (1º Coleta), Jan/2016 (3º Coleta) e Jun/2016 (4º Coleta), onde apresenta os maiores valores. Tal fato pode ser justificado pela relação de CE com a concentração de materiais orgânicos e inorgânicos presentes na água do rio durante períodos com poucas chuvas. Para Esteves (1998), a CE depende da composição iônica dos corpos d'água e pode ser influenciado pelas chuvas na região. Tal relação pode ser resultado da cobertura vegetal do local e do regime pluviométrico, que pode favorecer ou não, um aporte de materiais do solo para o ambiente aquático e conseqüentemente aumento da concentração de sólidos suspensos e dissolvidos no meio (CARVALHO *et al.*, 2010).

Descargas de esgotos podem aumentar as concentrações de condutividade elétrica no meio (ALVES *et al.*, 2012; GALVÃO MIRANDA *et al.*, 2009).

Os valores de TDS apresentam um comportamento semelhante a CE na análise estatística, como também, em elevados valores no período com poucas chuvas, Fev/2015 (1º Coleta), Jan/2016 (3º Coleta) e Jun/2016 (4º Coleta). Isso é justificado por Gomes (2009), que explica a proporcionalidade de TDS com CE, em virtude da concentração da carga iônica de amostras orgânicas e inorgânicas dissolvidas na água. O conteúdo de sólidos totais geralmente varia de 20 a 1000 mg/L e o limite estabelecido pela Resolução CONAMA 357/05 é de 500 mg/L para os sólidos dissolvidos totais. A característica de dissolução dos íons está intimamente relacionada à presença dos sólidos dissolvidos no meio (GOMES, 2009).

A Temperatura da água manteve-se sempre abaixo de 30° C, com diferença significativa entre as séries amostrais, apresentando maiores valores nos períodos com menos chuvas na região, Fev/2015 (1º Coleta), Jan/2016 (3º Coleta) e Jun/2016 (4º Coleta). Silva *et al.*, (2008), explica que nos trópicos as variações de intensidade da luz são minimizadas pelos diferentes períodos do ano, apresentando variações significativas no decorrer do dia. Menores temperaturas da água estão relacionadas com a cobertura de nuvens, que no período chuvoso não permitem a incidência dos raios solares sobre as águas do rio, diferentemente do período menos chuvoso, o qual a incidência solar sobre as águas do rio é mais intensa e conseqüentemente possibilita o aumento de temperatura da água (ALVES *et al.*, 2012; SÁ FILHO, 2010).

Os valores de Turbidez se enquadram abaixo do limiar da resolução 357/05 CONAMA, <100 NTU, entretanto é importante ressaltar as diferenças significativas nos valores nos meses de coleta, com destaque aos maiores valores (menores valores) na 5º coleta (3º coleta). A TURB esta diretamente ligada à quantidade de material suspenso presente na água, que dificulta a penetração da radiação solar no meio (ALVARENGA *et al.*, 2012; LIMA, 2001). No estudo em questão, os maiores valores de TURB coincidem com o mês de coleta mais chuvoso da região (5º Coleta), isso pode ser explicado pelo aumento da precipitação e consecutivamente aumento dos sólidos em suspensão (ARCOVA; CICCO, 1999; SOUZA SILVA *et al.*, 2009;), pois estes dificultam a penetração da luz nos corpos d'água (SILVA *et al.*, 2008).

A figura 4 apresenta a CP1 das variáveis CE, T.Água, TDS e TURB com 70% da máxima variância explicada. A análise mostra uma elevada correlação positiva entre os parâmetros, com destaque ao PC (jusante), em Fev/2015 (1º Coleta) e Jan/2016 (3º Coleta), e valores menos expressivos para o PB (centro) para Jun/2016 (4º Coleta).

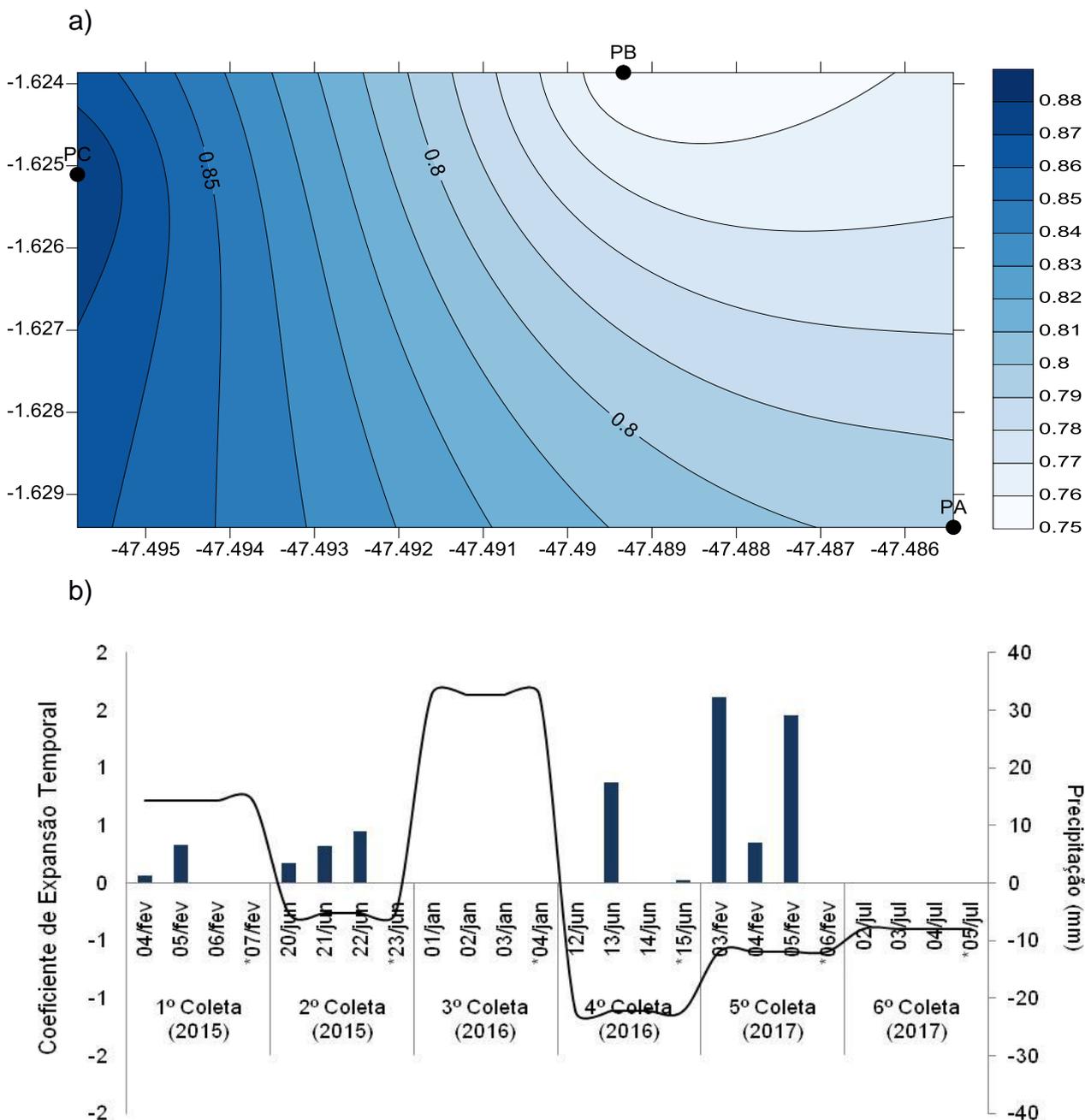


Figura 4: Distribuição espacial e temporal do primeiro modo (CP1) das variáveis CE, TDS, T.Água, TURB, com 70% da variância total explicada, (a) autovetor; (b) autovalor.

Fonte: elaborado pelo autor.

A forte correlação entre as variáveis para PC (jusante) em Fev/2015 e Jan/2016 pode ser justificada pelas poucas chuvas ocorridas no período, 1º e 3º coleta, favorecendo assim, uma maior concentração dos poluentes na água, oriundos da atividade madeireira, e conseqüentemente uma maior correlação entre os parâmetros físico químicos neste ponto (ALVES *et al.*, 2012; BARBOSA *et al.*, 2012; JEPPESEN *et al.*, 2015).

Fato este que justifica também, a forte correlação dos parâmetros em PB (centro) em Jun/2016, 4º coleta. Os resíduos de atividades antrópicas, atrelado a um período de poucas chuvas, pode influir em expressivas correlações dos parâmetros nas águas de um rio, podendo ser influenciados diretamente pela contaminação de esgotos domésticos e na ressuspensão de matéria orgânica por atividade madeireira (ALVES *et al.*, 2012; ANDRADE *et al.*, 2007; VIDAL *et al.*, 2000).

A figura 5 representa a CP2 existente entre CE, T.Água, TDS e Turb. É nítida a observação entre valores positivos e negativos presentes na componente espacial, figura 5a. É verificada a maior correlação para PA (montante) e PB (centro) em Jan/2016 (3º Coleta) e Jun/2016 (4º Coleta), e maior correlação negativa em PC (jusante) em Jun/2015 (2º Coleta) e Fev/2017 (5º Coleta).

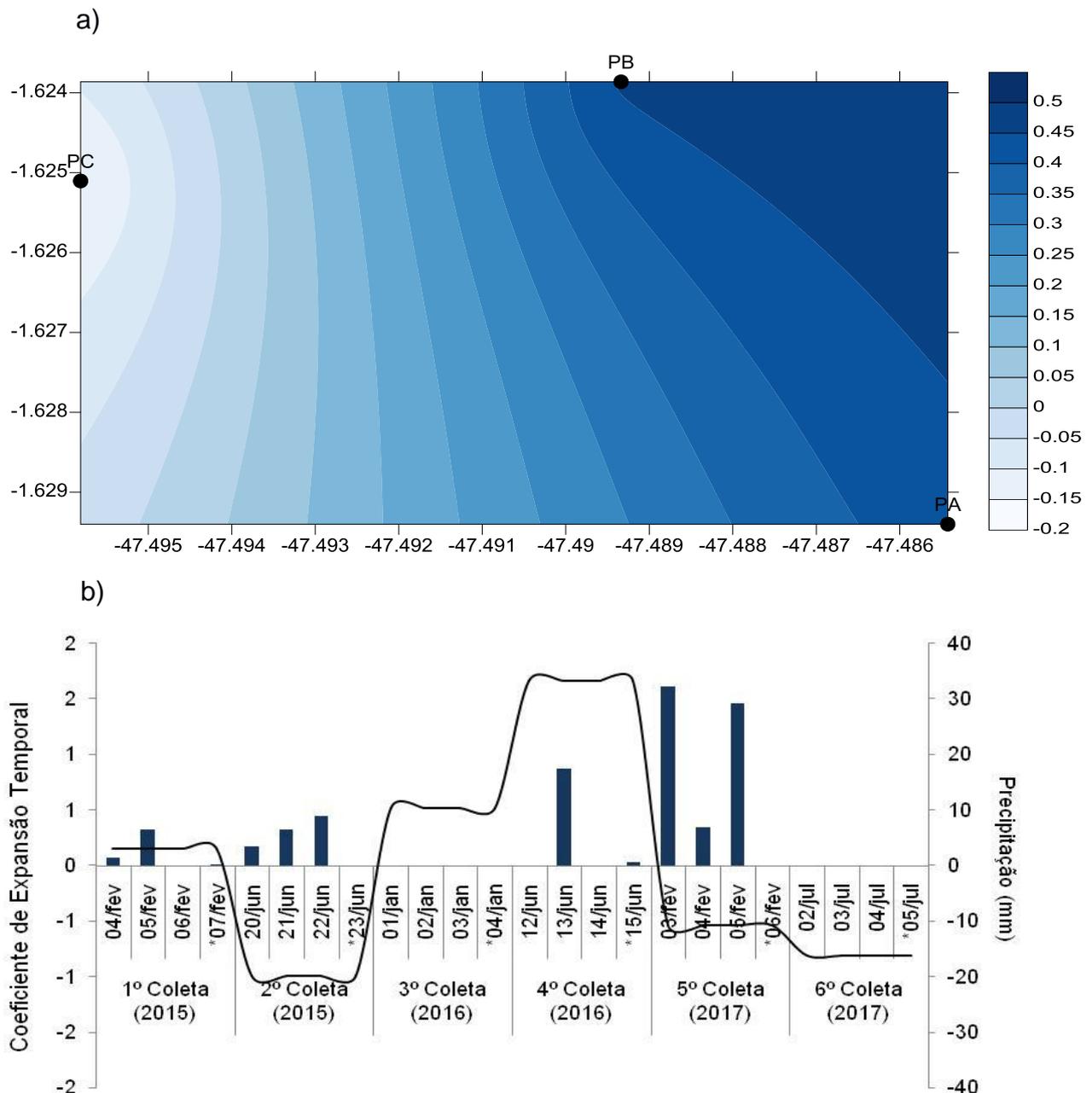


Figura 5: Distribuição espacial do segundo modo (CP2), com 25,41% da variância total explicada, (a) autovetor; (b) autovalor.

Fonte: elaborado pelo autor.

A forte correlação existente entre os parâmetros de qualidade de água para PA (montante) e PB (centro) em Jan/2016 e Jun/2016, 3<sup>o</sup> e 4<sup>o</sup> coleta, pode ser justificada pela relação existente entre os resíduos das atividades no entorno do rio Guamá, com o baixo acumulado de chuva no período.

A diminuição do volume de chuvas em determinada região, faz com que reduza o nível de água no rio, e conseqüentemente, aumente a concentração dos parâmetros existentes no meio (BARBOSA *et al.*, 2012). Para Jeppesen *et al.*, (2015) diminuindo a carga externa de nutrientes sobre o curso d'água pela redução das chuvas, a carga interna se eleva, em virtude da maior concentração dos mesmos na água.

A elevada correlação existente entre as variáveis para PC (jusante) em Jun/2015 e Fev/2017, 2<sup>o</sup> e 5<sup>o</sup> coleta, período com chuva, é diretamente influenciada pelo escoamento superficial do solo, que atrelado a contaminação das águas pela atividade madeireira na região, soma-se com o direcionamento de material particulado para dentro dos cursos d'água (MEDEIROS *et al.*, 2009; OLIVEIRA *et al.*, 2008; SANTOS *et al.*, 2013; BARRETO *et al.*, 2014), e conseqüentemente maior correlação das variáveis para este ponto de coleta.

A figura 6 representa a correlação entre pH e OD, parâmetros analisados em uma relação completamente positiva, com destaque ao ponto C (jusante) para Jun /2016 (4º Coleta), e Jul/2017 (6º Coleta) período com baixo acumulado de chuvas na região, e menores correlações positivas para o ponto B (Centro) nos anos de Jun /2015 (2º Coleta) e Fev/2017 (5º Coleta), maiores acumulados de precipitação.

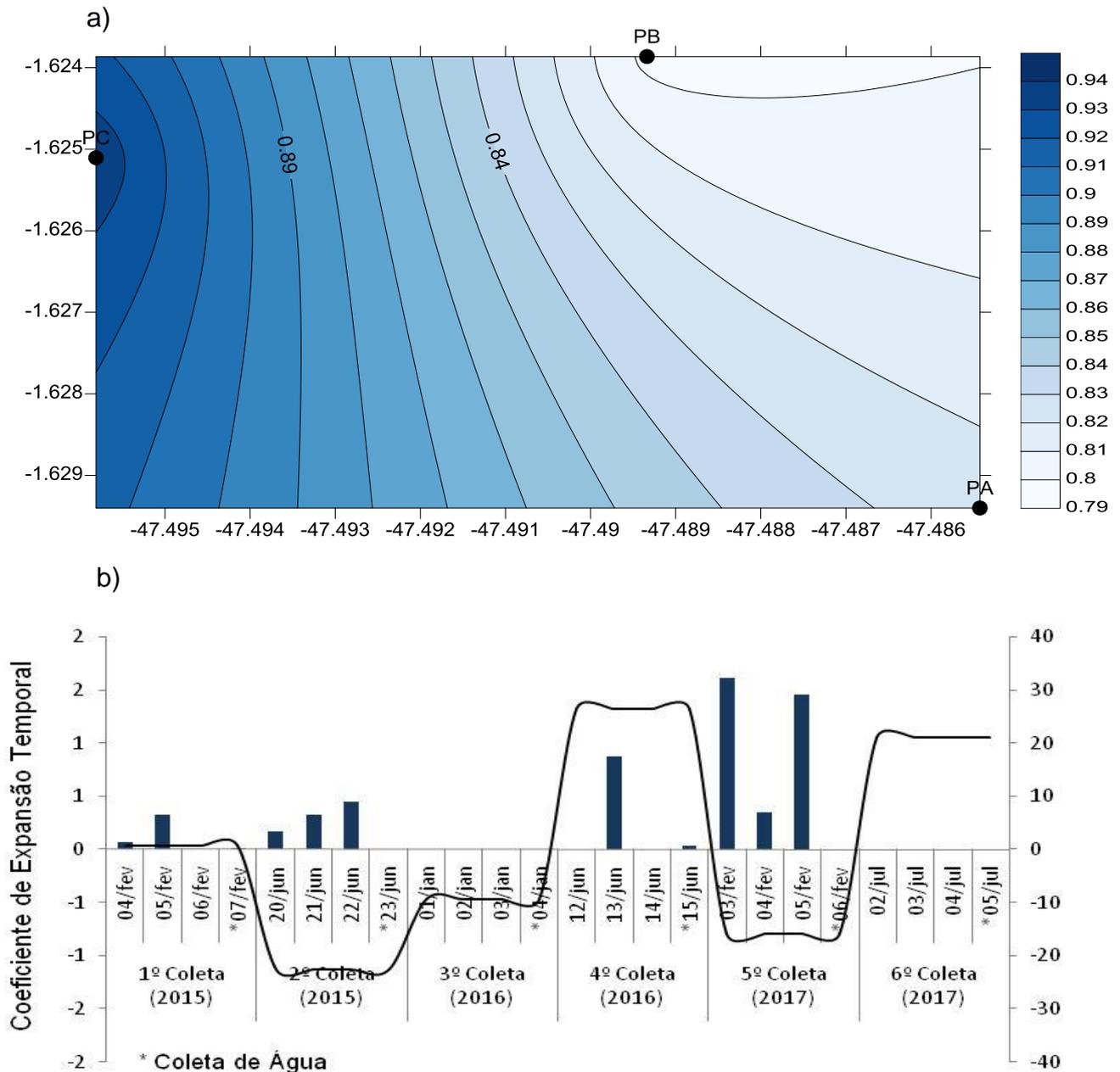


Figura 6: Distribuição espacial do primeiro modo (CP1), com 73,37% da variância total explicada, (a) autovetor; (b) autovalor.

Fonte: elaborado pelo autor.

A correlação verificada em PC (jusante) em Jun/2016 e Jul/2017, 4<sup>o</sup> e 6<sup>o</sup> coleta, demonstra que OD influencia diretamente o pH na formação de espécies de ácidos fracos, correlação esta também encontrada nos trabalhos de Miranda *et al.*, (2009), em análise da qualidade da água do rio Tapajós, Santarém – Pará.

A decomposição da matéria orgânica oriunda da atividade madeireira em PC favorece a produção de ácidos orgânicos (GALVÃO MIRANDA *et al.*, 2009), e com isso, uma correlação direta com o pH da água. As elevadas concentrações de oxigênio dissolvido em um período com poucas chuvas (ALVES *et al.*, 2012), associado a ecossistemas com valores baixos de pH (LIMA, 2001), pode ser o principal fator que justifique tal correlação.

A correlação verificada em PB (centro) em Jun/2015 e Fev/2017, 2<sup>o</sup> e 5<sup>o</sup> coleta, demonstram que o escoamento superficial da água sobre o solo durante os períodos chuvosos é a principal fonte difusa de poluição em corpos hídricos (ALVARENGA *et al.*, 2012; VASCO *et al.*, 2011). Isso evidencia que a relação das variáveis em um ponto caracterizado pelo despejo de esgotamento sanitário doméstico, é diretamente influenciada pelo regime de chuvas na região, gerando assim, valores altos de correlação.

A figura 7 representa o segundo modo, CP2, na correlação existente entre pH e OD. Na análise temporal, é verificada uma separação entre valores positivos e negativos, figura 7b. Com destaque a uma maior correlação dos parâmetros para PB (centro) em Jan /2016 (3º Coleta) e Jul/2017 (6º Coleta), e menores correlações para PA (montante) em Fev /2017 (5º Coleta).

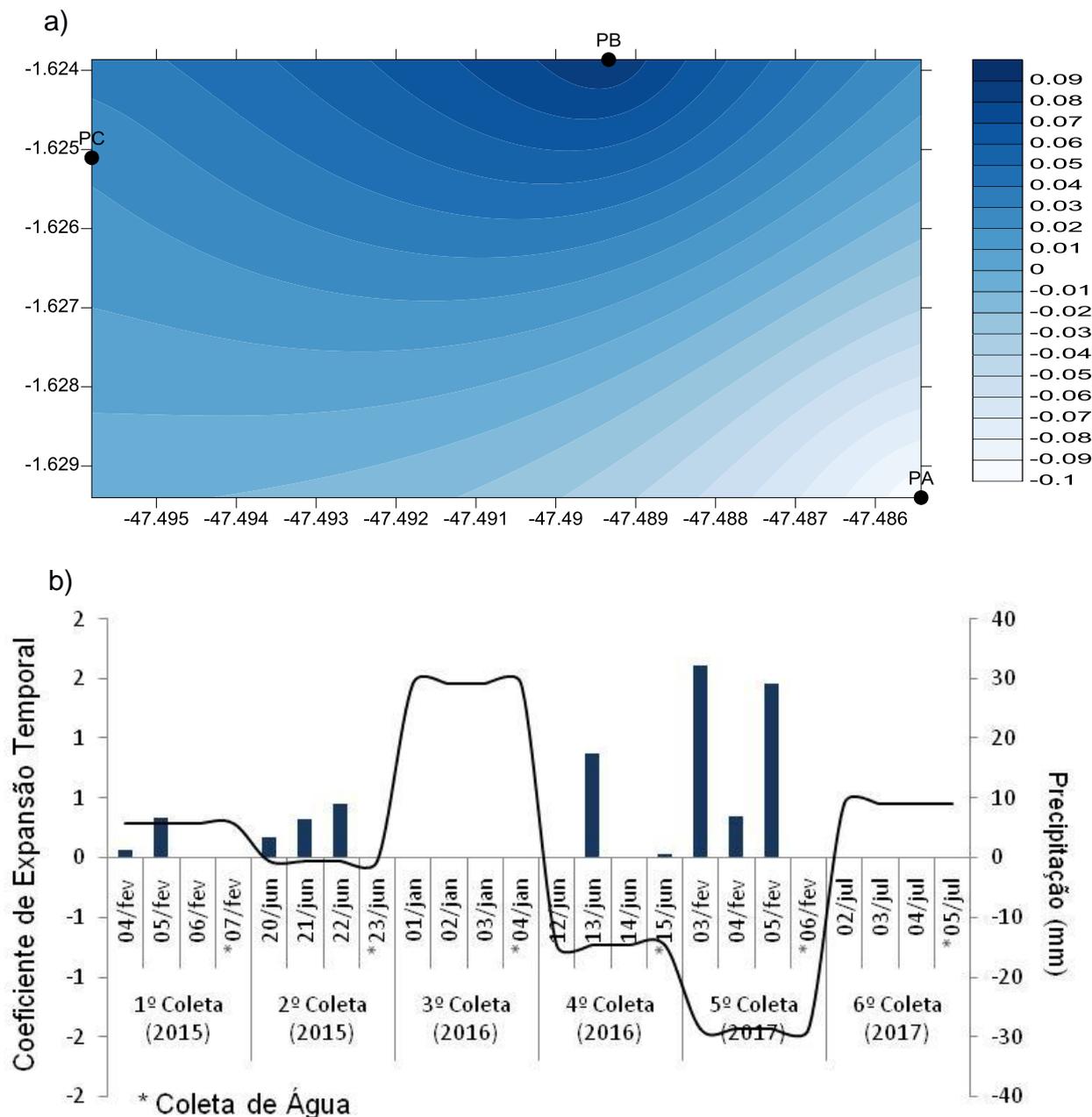


Figura 7: Distribuição espacial do segundo modo (CP2), com 21,07% da variância total explicada, (a) autovetor; (b) autovalor.

Fonte: elaborado pelo autor.

A forte correlação existente entre os parâmetros para PB (centro) em Jan/2016 e Jul/2017, 3º e 6º coleta, pode ser justificada pelo baixo acumulado de chuva para o período, que faz com que a concentração de poluentes oriundos dos efluentes domésticos neste ponto seja maior, e assim, aumente a correlação das variáveis nas águas do rio. A carga interna do sistema se altera em decorrência do aumento de concentração de poluentes (JEPPESEN *et al.*, 2015), modificando assim, a concentração de parâmetros no meio (ALVARENGA *et al.*, 2012; ALVES *et al.*, 2012; BARBOSA *et al.*, 2012).

A correlação existente em PA (jusante) em Fev/2017, 6º coleta, pode ser justificada pelo acúmulo de argila nas águas do rio, decorrente da atividade da indústria de cerâmica vermelha existente nesse ponto. A lavagem do solo pelo escoamento superficial, em um período com um quantitativo de chuvas elevado, acaba por influenciar em uma maior correlação dos parâmetros no meio aquático (JEPPESEN *et al.*, 2015), a formação de ácidos orgânicos decorrentes da matéria orgânica que consome oxigênio, diminui os valores de pH das águas do rio (GALVÃO MIRANDA *et al.*, 2009), fato este que pode ser comparado ao trabalho de Alvarenga *et al.*, (2012), em uma análise da qualidade de água do rio Paraíba do Sul, São Paulo, o qual verificou os mesmos resultados.

### **3.4 CONCLUSÃO**

A pesquisa constatou por meio das componentes principais, CPS, a existência de fortes correlações entre os parâmetros físico químicos de qualidade de água no rio Guamá, havendo quase que em sua totalidade diferenças estatísticas significativas entre as séries amostrais anuais, e não significativas entre a escala espacial por pontos de coleta, PA (montante), PB (centro) e PC (jusante).

Os parâmetros apresentaram valores condizentes com a resolução 357/2005 CONAMA, com exceção para pH que apresentou características

levemente ácidas em quase todas as coletas, e OD que foi abaixo do estipulado, <5mg/L, em Jun/2015 (2º Coleta) e Fev/2017 (5º Coleta), períodos com chuvas na região.

No primeiro experimento, a CP1 apresentou elevadas correlações entre CE, TDS, T.Água e TURB em PC (jusante) em Fev/2015 (1º Coleta) e Jan/2016 (3º Coleta) e como também para o PB (centro) para Jun/2016 (4º Coleta), 70% da variância total explicada. A CP2 revelou fortes correlações em PA (montante) e PB (centro) em Jan/2016 (3º Coleta) e Jun/2016 (4º Coleta), e para PC (jusante) em Jun/2015 (2º Coleta) e Fev/2017 (5º Coleta), 25,41% da variância total explicada.

No segundo experimento, a CP1 revelou fortes correlações entre pH e OD em PC (jusante) em Jun /2016 (4º Coleta), e Jul/2017 (6º Coleta), e menores correlações positivas para o ponto B (Centro) nos anos de Jun /2015 (2º Coleta) e Fev/2017 (5º Coleta), 73,37% da variância total explicada. A CP2 com fortes correlações para PB (centro) em em Jan /2016 (3º Coleta) e Jul/2017 (6º Coleta), e menores correlações para PA (montante) em Fev /2017 (5º Coleta), 21,07% da variância total explicada.

Os resíduos das atividades antrópicas no entorno do rio parecem influenciar as concentrações dos parâmetros na água, quando o nível da mesma encontra-se mais baixo. Em síntese é possível afirmar que as correlações existentes entre os parâmetros nas CPS foram influenciadas diretamente pela sazonalidade dos períodos com poucas chuvas na região, tendo em vista as maiores correlações ocorrem em Jan/2016 e Jun/2016, meses de coleta que não apresentaram chuvas em São Miguel do Guamá.

Foi importante a utilização do método da análise dos componentes principais na forma de facilitar a retirada de informações de parâmetros complexos e distintos, sem perdas significativas de dados. A presente pesquisa mostra-se inovadora na região, tendo em vista ser pioneira no estudo da análise das CPS com os parâmetros físico químicos de qualidade de água no nordeste paraense.

## Agradecimentos

Ao Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais (PPGCA - UFPA) com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). A parceria Universidade Federal do Pará – UFPA e Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA, com o apoio do projeto; Desenvolvimento local Integrado: A Socioeconomia, Proteção e Reabilitação Ambiental da Microbacia do Rio Guamá, Pará, Brasil. Financiado pela Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia – SUDAM.

## Referências Bibliográficas

ALVARENGA, Lívia Alves; MARTINS, Maria Paulete Pereira; CUARTAS, Luz Adriana; PENTEADO, Vinicius Alves; ANDRADE, Alexandra. Estudo da qualidade e quantidade da água em microbacia, afluente do rio Paraíba do Sul – São Paulo, após ações de preservação ambiental. **Revista Ambiente e Água**, v. 7, n. 3, 2012.

ALVES, Igor Charles Castor; EI-ROBRINI, Maâmar; SANTOS, Maria de Lourdes Souza; MONTEIRO, Sury de Moura; BARBOSA, Leandro Patrick Ferreira; GUIMARÃES, José Tasso Felix. Qualidade das águas superficiais e avaliação do estado trófico do Rio Arari (Ilha de Marajó, norte do Brasil). **Acta Amazonica**, v. 42, n. 1, 2012.

ANDRADE, E. D., ARAÚJO, L. D. F., ROSA, M. D. F., DISNEY, W., ALVES, A. B. Seleção dos indicadores da qualidade das águas superficiais pelo emprego da análise multivariada Surface water quality indicators in low Acaraú basin, Ceará, Brazil, using multivariate analysis. **Engenharia agrícola**, v. 27, n. 3, p. 683-690, 2007.

ARCOVA, Francisco Carlos Soriano; CICCIO, V. de. Qualidade da água de microbacias com diferentes usos do solo na região de Cunha, Estado de São Paulo. **Scientia Forestalis**, v. 56, p. 125-134, 1999.

BARBOSA, J. E. D. L.; MEDEIROS, E. S. F.; BRASIL, J.; CORDEIRO, R. D. S., CRISPIM, M. C. B.; SILVA, G. H. G. D. Aquatic systems in semi-arid Brazil: limnology and management. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 24, n. 1, p. 103-118, 2012.

BARRETO, Luciano Vieira; FRAGA, Micael de Souza; BARROS, Flávia Mariani; ROCHA, Felizardo Adenilson; AMORIM, Jhones da Silva; CARVALHO, Stênio Rocha de; Paulo Bonomo; SILVA, Danilo Paulúcia da. Relação entre vazão e qualidade da água em uma seção de rio. **Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 9, n. 1, p. 118, 2014

BONACIN SILVA, André Luiz. **Caracterização ambiental e estudo do comportamento do chumbo, zinco e boro em área degradada por indústrias cerâmicas-região dos lagos de Santa Gertrudes, SP**. 2001. Tese de (Doutorado) - Universidade de São Paulo, 2001.

BORGES, Mauricio José; GALBIATTI, João Antonio; FERRAUDO, Antonio Sergio. Monitoramento da qualidade hídrica e eficiência de interceptores de esgoto em cursos d'água urbanos da bacia hidrográfica do córrego Jaboticabal. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 8, n. 2, p. 161-171, 2003.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº357 de 17 de março de 2005. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/conama>. Acesso: 08.06.2017.

BUENO, Lara F.; GALBIATTI, Joao Antonio; BORGES, Maurício J. Monitoramento de variáveis de qualidade da água do Horto Ouro Verde-Conchal-SP. **Engenharia Agrícola**, p. 742-748, 2005.

CARVALHO, Glauca Lemes; SIQUEIRA, Eduardo Queija de. Qualidade da água do Rio Meia Ponte no perímetro urbano do município de Goiânia-Goiás. **REEC-Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 2, n. 1, 2010.

COMPANHIA ESTADUAL TÉCNICA DE SANEAMENTO BÁSICO E DEFESA DO MEIO AMBIENTE (CETESB). **Variáveis de qualidade das águas**. 2006. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br>. Acesso: 08.06.2017.

CUNHA, Hillândia Brandão da; PASCOALOTO, Domitila. Hidroquímica dos rios da Amazônia. **Centro Cultural dos Povos da Amazônia**, 2006.

ESTEVES, F.A. 1998. *Fundamentals of Limnology*. (2. Ed.). New York: Interciência. 602 pp. (in Portuguese).

GALVÃO MIRANDA, R.; PEREIRA, S. D. F. P.; ALVES, D. T. V.; OLIVEIRA, G. R. F. Qualidade dos recursos hídricos da Amazônia-Rio Tapajós: avaliação de caso em relação aos elementos químicos e parâmetros físico-químicos. **Ambiente&Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 4, n. 2, p. 75-92, 2009.

GOMES, L. H. **Alterações de propriedades físico químicas da água tratada com preparados homeopáticos de carbonato de cálcio**. 2009. 58 f. 2009. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

GRIGOLETTI, Giane de Campos. **Caracterização de impactos ambientais de indústrias de cerâmica vermelha do Estado do Rio Grande do Sul**. [S.l.: s.n], 2001.

HAILE, Alemseged Tamiru; YAN, Fang; HABIB, Emad. Accuracy of the CMORPH satellite-rainfall product over Lake Tana Basin in Eastern Africa. **Atmospheric Research**, v. 163, p. 177-187, 2015.

HAIR, J.J.F.; ANDERSON, R.E.; TATHAM, R.L.; BLACK, W.C. **Análise multivariada de dados**. 5.ed. Porto Alegre: Bookman, 2005. 593 p

HORBE, Adriana Maria Coimbra; PINTO, Antônia Gomes Neta; SILVA, Maria do Socorro Rocha da; MIRANDA, Sebastião Atila Fonseca; PASCOALOTO, Domitila; SANTOS, Helder Manuel da Costa. Efeitos da ação antrópica sobre a hidrogeoquímica do rio Negro na orla de Manaus/AM. **Acta Amazônica**, v.39, n.3, p.627-638, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censos Demográficos de 1991, 2000 e 2010. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/sao-miguel-do-guama/panorama>. Acesso em: 24.jan. 2018.

JEPPESEN, E., BRUCET, S., NASELLI-FLORES, L., PAPASTERGIADOU, E., STEFANIDIS, K., NOGES, T., BUCAK, T. Ecological impacts of global warming and water abstraction on lakes and reservoirs due to changes in water level and related changes in salinity. **Hydrobiologia**, v. 750, n. 1, p. 201-227, 2015.

LIMA, E. B. N. **Modelação integrada para gestão da qualidade da água na bacia do rio Cuiabá**. 2001. 186 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Faculdade de Engenharia Civil, 2001.

MAGALHÃES, Cilene Farias Batista. **Análise do processo produtivo dos tijolos cerâmicos na fábrica nova São José de Itacoatiara/AM**: um estudo de caso. 2016. xiii, 56f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos – Mestrado Profissional, PPGE/ITEC, Universidade Federal do Pará, 2016.

MAIER, Maria Helena. Ecologia da bacia do Rio Jacaré Pepira (47 55'-48 55'W; 22 30'-21 55'S-Brasil): qualidade da água. **Ciência e Cultura**, v. 39, n. 2, p. 164-85, 1987.

MEDEIROS, G. A., ARCHANJO, P., SIMIONATO, R., REIS, F. A. G. V. Diagnóstico da qualidade da água na microbacia do córrego recanto, em americana, no estado de São Paulo. **Geociências (São Paulo)**, v. 28, n. 2, p. 181-191, 2009.

MOTA, Galdino V.; SOUZA, Everaldo B. de; LOPES, Marcio N.G.; ROCHA, Edson J.P. da; SOUZA, J. Ricardo S. de; CUNHA, Alan C. da; SILVA, Renato R. da; FERREIRA, Douglas B.S.; SANTOS, Daniel M.; CARMO, Alexandre M.C. do; SOUSA, J. Raimundo A. de; GUIMARÃES, Paulo L; MOTA M. Aurora S. da; MAKINO, Midori; SENNA, Renato C; SOUSA, Adriano M.L.; KUHN, Paulo A.F.; SOUZA, Paulo F. de S.; VITORINO, M. Isabel. Precipitação sazonal sobre a Amazônia oriental no período chuvoso: observações e simulações regionais com o RegCM3. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.24, n.2, p.111-124, 2009.

OLIVEIRA, L. D., Gomes, B. M., Baumgartner, G., Sebastien, N. Y. Variação espacial e temporal dos fatores limnológicos em riachos da microbacia do rio

São Francisco Verdadeiro Spatial and temporal variation in hydrological factors in streams of the micro-basin of the São Francisco Verdadeiro river. **Engenharia Agrícola**, v. 28, n. 4, p. 770-781, 2008.

PINTO, A. Luiz. **Saneamento básico e qualidade das águas subterrâneas**. Campo Grande: UFMG, 2003. p.11-55.

PIRES, Iran P; MIRANDA, André M.; COUTO, Celso S; LENTINI, Marco W; ZWEEDE, Johan C. Exploração de impacto reduzido em período chuvoso em florestas de terra firme da Amazônia brasileira: considerações técnicas, minimização de impactos e índices de produtividade. **Boletim Técnico do Instituto Floresta Tropical** – IFT 07, Maio, 2015.

SÁ FILHO, J.A.R. de. **Avaliação qualitativa das ÁGUAS no sistema da macrodrenagem da Bacia do Tabuleiro do Martins-Maceió/AL**. 2010. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento, Universidade Federal de Alagoas, 2010.

SANTOS, Q. R., SOUZA FRAGA, M., ULIANA, E. M., SANTOS REIS, A., BARROS, F. M. Monitoramento da qualidade da água em uma seção transversal do rio Catolé, Itapetinga-BA. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v. 9, n.16, p. 1503- 1519, 2013.

SILVA, A. E. P., ANGELIS, C. F., MACHADO, L. A. T., WAICHAMAN, A. V. Influência da precipitação na qualidade da água do Rio Purus. **Acta Amazônica**, v. 38, n. 4, p. 733-742, 2008.

SILVA, JP da. **Avaliação da qualidade da água superficial utilizada no sistema de abastecimento público do município de Belém (PA)**. 2010. Dissertação (Mestrado) - ITEC/UFGA. Belém, PA, Brasil.(Unpublished).

SOUZA SILVA, A. P. D. S.; Dias, H. C. T.; BASTOS, R. K. X.; SILVA, E. Qualidade da água do reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti, Minas Gerais. **Revista Árvore**, v. 33, n. 6, p. 1063-1069, 2009.

TUNDISI, J. G. Recursos hídricos. **Parcerias estratégicas**, Brasília - DF, v. 20, p. 727-746, 2005.

VASCO, Anderson Nascimento do; BRITTO, Fábio Brandão; PEREIRA, Ana Paula Sousa; JÚNIOR, Arisvaldo Vieira Mélo; GARCIA, Carlos Alexandre Borges; NOGUEIRA, Luis Carlos. Avaliação espacial e temporal da qualidade da água na sub-bacia do rio Poxim, Sergipe, Brasil. **Revista Ambiente & Água** v. 6, n. 1, p. 118-130, 2011.

VASCONCELOS, Vanilda de Magalhães Martins; SOUZA, Claudinei Fonseca. Caracterização dos parâmetros de qualidade da água do manancial Utinga, Belém, PA, Brasil/Characterization of water quality parameters of the reservoir Utinga, Belém, PA, Brazil. **Revista Ambiente & Água**, v. 6, n. 2, p. 305, 2011.

VIDAL, M.; LÓPEZ, A.; SANTOALLA, M. C.; VALLES, V. (2000). Factor analysis for the study of water resources contamination due to the use of livestock slurries as fertilizer. **Agricultural Water Management**, v. 45, n. 1, p. 1-15, 2000.

## **CAPÍTULO 4 ESTUDO SOCIOAMBIENTAL DOS MUNICÍPIOS DA BACIA DO ALTO RIO GUAMÁ, PARÁ.**

### **Resumo**

O objetivo deste trabalho centra-se em caracterizar as condições socioambientais do município de São Miguel do Guamá, em comparação com os municípios da bacia do alto rio Guamá, Pará. Sendo assim foram analisados por meio do coeficiente de correlação linear de Pearson ( $r$ ), indicadores socioambientais de São Miguel do Guamá, Garrafão do Norte, Capitão Poço, Ourém, Irituia, São Domingos do Capim, Bujarú e Belém. Os indicadores estudados foram; IDH-M, cobertura por sistema de abastecimento de água (%), cobertura por sistema de esgotamento sanitário (%), morbidade por diarreia e gastroenterite (nº de internações), disponibilidade hídrica superficial ( $m^3/s$ ). Tais índices foram obtidos por meio da pesquisa em bases governamentais entre os anos de 1991 a 2010. Foram verificadas fortes correlações entre os indicadores analisados, com destaque, ao sistema de abastecimento de água (%), rede de esgotamento sanitário (%), disponibilidade hídrica superficial ( $m^3/s$ ) com os dados de IDH-M, assim como a rede de esgotamento sanitário (%) com os dados de morbidade por diarreia e gastroenterite (nº de internações). A correlação entre diferentes variáveis permitiu um melhor entendimento do quadro sócio ambiental do município de São Miguel do Guamá e adjacentes, tendo em vista ser uma pesquisa pioneira, em sua abordagem metodológica, para a região do nordeste paraense.

Palavras Chave: Condições socioambientais, Rio Guamá, São Miguel do Guamá, nordeste paraense.

### **Abstract**

The objective of this work is to characterize the socio-environmental conditions of the municipality of São Miguel do Guamá, in comparison to the adjacent municipalities, in the surroundings of the Guamáriver, Pará. Thus, Pearson's correlation coefficient ( $r$ ) was analyzed, socioenvironmental indicators of São Miguel do Guamá, Garrafão do Norte, Capitão Poço, Ourém, Irituia, São Domingos of Capim, Bujarú and Belém. (%), Coverage by sewage system (%), morbidity due to diarrhea and gastroenteritis (number of hospitalizations), surface water availability ( $m^3 / s$ ). These indexes were obtained through a survey of government bases between 1991 and 2010. There were strong correlations between the analyzed indicators, with emphasis on the water supply system (%), sewage network (%), availability ( $m^3 / s$ ) with the HDI-M data, as well as the sanitary sewage network (%) with data on morbidity due to diarrhea and gastroenteritis (number of hospitalizations). The correlation between different variables allows for a better understanding of the socio-environmental picture of the municipality of São Miguel do Guama and adjacent, aiming to be a pioneer research, in its methodological approach, for the northeastern region of Pará.

Keywords: Socio-environmental conditions, Guamá River, São Miguel of Guamá, northeast of Para.

## 4.1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural de suma importância para a manutenção da vida no planeta, e até pouco tempo considerada um bem de utilização infinita por grande parte da população (GALVÃO MIRANDA *et al.*, 2009; PIRATOBA *et al.*, 2017). A sua utilização nos mais diversos setores, abastecimento público, a indústria, a geração de energia, o saneamento básico, a recreação, configuram um importante elemento de manutenção da vida com qualidade e desenvolvimento sócio econômico (ALVARENGA *et al.*, 2012; ZHANG *et al.*, 2010).

Ocorre que a partir das últimas décadas, a rapidez no desenvolvimento industrial atrelado a um aumento da população e da produtividade agrícola gera uma preocupação não somente em nível do quantitativo de água no planeta, mas, sobretudo, em sua disponibilidade e qualidade para consumo humano (GALVÃO MIRANDA *et al.*, 2009), tendo em vista a degradação dos corpos de água ser influenciada diretamente pelos impactos das atividades humanas (GALVÃO MIRANDA *et al.*, 2009; SILVA *et al.*, 2008).

O crescimento populacional, a expansão da fronteira agrícola, a implantação de indústrias de grande porte, o desenvolvimento econômico está intimamente atrelado ao aumento na demanda de água em qualquer comunidade (BUENO *et al.*, 2005; MULLER, 1996; SOUZA SILVA *et al.*, 2009). Para Tucci (2008) e Silva *et al.*, (2008) a acelerada urbanização da sociedade sem um correto planejamento, acaba por aumentar a influência antrópica sobre os recursos hídricos, especialmente nos setores de abastecimento urbano.

A acelerada produção de resíduos sólidos atrelada a um descarte inadequado no meio ambiente acaba por originar inúmeros impactos, destacando a contaminação do solo, poluição das águas subterrâneas e superficiais, transmissão de doenças por vetores e contaminantes de lixões (PEREIRA *et al.*, 2013; SILVA *et al.*, 2008).

Segundo Libânio *et al.*, (2005), a contaminação dos corpos hídricos representa um dos principais problemas a saúde pública, destacando a estreita relação entre qualidade de água e enfermidades que acometem a população, principalmente os setores mais pobres da sociedade.

Da Silva Júnior *et al.*, (2016), discorrem sobre a preocupação em saber integrar as inúmeras estatísticas sociais e de saúde de modo a caracterizar as condições de vida de uma determinada população.

A saúde deve ser retratada como resultado das relações entre variáveis ambientais, sociais e econômicas que acarretam as condições mínimas para uma boa qualidade de vida (TEIXEIRA *et al.*, 2012). A correlação de tais variáveis representa uma importante ferramenta para auxiliar o gerenciamento do bem estar global dos indivíduos (SILVA JÚNIOR *et al.*, 2016).

Nessa perspectiva é apresentado um estudo do município de São Miguel do Guamá, em comparação com outros municípios da bacia do alto do Rio Guamá, nordeste paraense e a capital do estado Belém. A justificativa de se estudar tais municípios deve-se a importância que o rio Guamá tem nas atividades portuárias, econômicas e na utilização da água, para diferentes fins, das famílias ribeirinhas da região.

Na necessidade de compreender como as relações de diferentes indicadores sociais e de saneamento básico podem caracterizar a importância da qualidade de água de um rio, o objetivo do presente trabalho centra-se em caracterizar as condições socioambientais do município de São Miguel do Guamá, em comparação com os municípios da bacia do alto rio Guamá, Pará.

## **4.2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.2.1 Área de Estudo**

São Miguel do Guamá é um município brasileiro do estado do Pará, localizado na mesorregião do nordeste paraense e na microrregião do Guamá, faz fronteiras com os municípios de Santa Maria do Pará e Bonito ao Norte, Ourém a leste, São Domingos do Capim e Irituia ao Sul e Inhangapi e Castanhal a Oeste. São Miguel do Guamá é cortado pelo Rio Guamá, de Oeste para Leste apresenta 9 metros de altitude, situando-se a 48 km de Capitão Poço e a 150 km de Belém (IBGE, 2018).

O rio Guamá, afluente do rio Pará, localiza-se em uma área de limitação do nordeste da Amazônia. Sua bacia corresponde a uma área de drenagem de

aproximadamente 87.389,5km<sup>2</sup>, medindo entre 1.360 e 2.000 m de largura, em um curso total 700 km (MONTEIRO, 2009; TORRES, 2007; UHLY *et al.*; 2004). Ele nasce nos municípios de Ipixuna e de Nova Esperança do Piriá, acima de Paragominas, seguindo por Capitão Poço e Garrafão do Norte, a sudoeste, e por fim para norte-nordeste até o município de Ourém (TORRES, 2007).

A partir disso, a orientação de seu curso passa a dividir São Miguel de outros três municípios, somado ao rio Capim na altura da região próxima a cidade de São domingos do Capim, vem a desaguar na baía do Guajará, em Belém. Na margem esquerda os seus afluentes mais importantes são representados pelos rios Acará, Capim e Moju (SANTOS *et al.*, 2015; TORRES, 2007). É navegável por pequenas embarcações até sua primeira cachoeira, a 225 km de Belém. Na sua foz, na Baía do Guajará, atinge 900 km de largura. (MONTEIRO, 2009; TORRES, 2007).

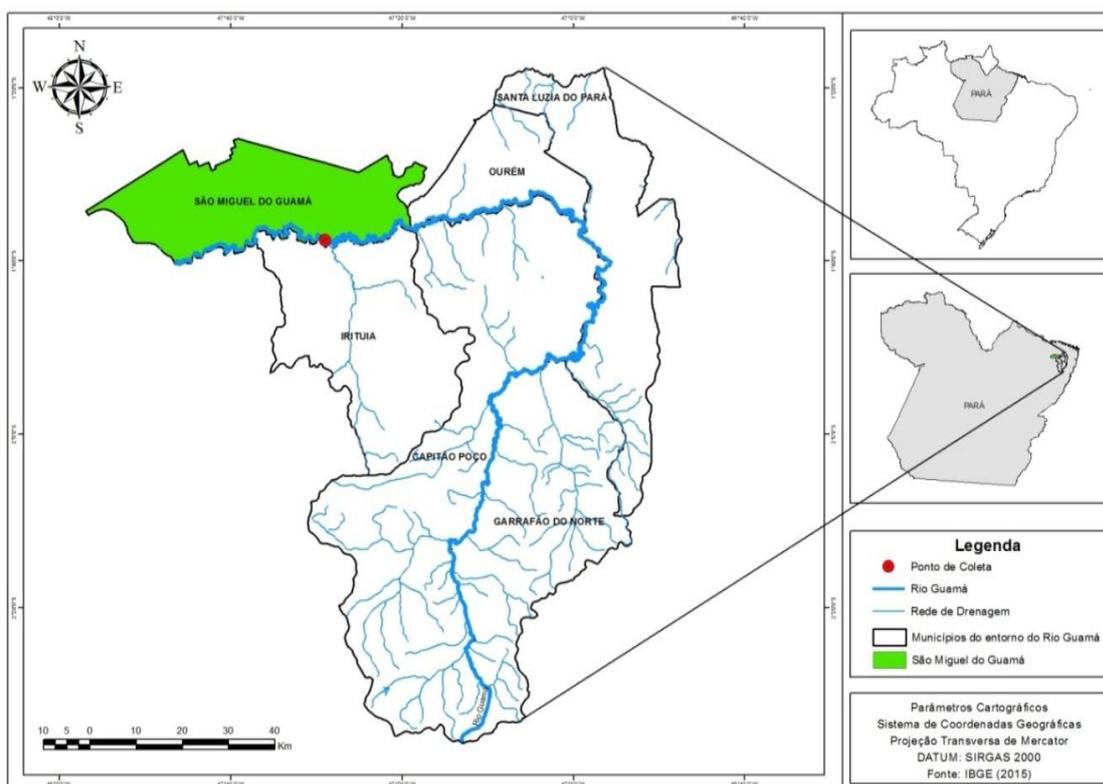


Figura1: Mapa de Localização da Área de Estudo: Alto Rio Guamá  
Fonte:IBGE (2017), Elaborado pelo autor.

As coordenadas geográficas, unidade territorial e atividade econômica dos municípios paraenses localizados as margens do Rio Guamá, Pará, do presente estudo, foram sintetizados na tabela 1.

Tabela 1: Municípios do entorno do rio Guamá analisados, suas coordenadas geográficas, unidade territorial (km<sup>2</sup>) e participação do maior valor adicionado municipal (%) (IBGE e FAPESPA).

Município	Coordenadas	Unidade Territorial (km <sup>2</sup> )	%Participação Municipal (VA)
Garrafão do Norte	1° 56' 03" S, 47° 03' 09" W	1.599,028 Km <sup>2</sup>	Administração Pública (46,75%)
Capitão Poço	1° 44' 47" S, 47° 03' 34" W	2.899,553 Km <sup>2</sup>	Administração Pública (34,19%)
Ourém	1° 33' 07" S, 47° 06' 52"	562, 388 Km <sup>2</sup>	Agropecuária (35,19%)
Irituia	1° 46' 16" S, 47° 26' 17" W	1.379,362 Km <sup>2</sup>	Administração Pública (46,84%)
São Miguel do Guamá	1°37'36" S, 47°29'00" W	1.110,175 Km <sup>2</sup>	Administração Pública (32,71%)
São Domingos do Capim	1° 40' 27" S, 47° 46' 16" W	1.677,249Km <sup>2</sup>	Agropecuária (42,50%)
Bujarú	1° 30' 54" S, 48° 02' 41" W	1.005,168 Km <sup>2</sup>	Agropecuária (61,64%)
Belém	1° 27' 21" S, 48° 30' 16" W	1.059,458 Km <sup>2</sup>	Serviços (65,19%)

A escolha de tais municípios foi feita diante da necessidade de caracterizar o desenvolvimento socioambiental e econômico das regiões nas interseções do rio Guamá, Pará. Tendo em vista o rio Guamá ser responsável pela navegabilidade de inúmeras embarcações, viável nos últimos 160 km do rio, que auxiliam o desenvolvimento do comércio e a economia de várias regiões do nordeste paraense.

#### 4.2.2 Dados

As informações foram obtidas por meio da análise; do Índice de Desenvolvimento Humano Municipal, IDH-M com base os censos demográficos de 1991, 2000 e 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE

(2018). Sua análise foi feita mediante a classificação com base no Atlas de Desenvolvimento Humano no Brasil.

O IDH-M é utilizado como ferramenta de comparação entre países, com o objetivo de medir o grau de desenvolvimento econômico e a qualidade de vida de uma determinada população. Os fatores necessários para a sua elaboração são; longevidade (expectativa de vida da população), renda (medida pelo produto interno bruto per capita da região), e educação (anos médios de estudo).

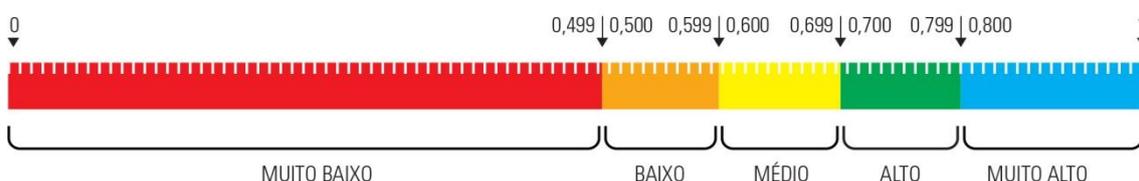


Figura 2: Classificação do Índice de Desenvolvimento Humano – IDH. Fonte: Atlas de Desenvolvimento Humano do Brasil, 2018.

A cobertura por sistema de abastecimento de água (%) foi analisada pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS, a cobertura por sistema de esgotamento sanitário (%) pelo Sistema de Informação da Atenção Básica - SIAB, ambos para o ano de 2000 a 2010.

As taxas de morbidade por diarreia e gastroenterite (nº de internações), foram estudadas com base no Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde do Brasil – DATASUS (2018), no período de 2000 a 2010. A disponibilidade hídrica superficial ( $m^3/s$ ) medida pelos dados de vazão do rio Guamá com base no mapa de disponibilidade hídrica superficial da Agência Nacional de Águas – ANA (2018). A escolha de tais indicadores foi feita em decorrência da importância que representam para o estudo dos recursos básicos de saúde, políticas públicas, saneamento e população (DA SILVA JÚNIOR *et al.*, 2016).

#### 4.2.3 Análise Estatística

Foi aplicado o método de regressão linear, através da obtenção do coeficiente de correlação linear de Pearson ( $r$ ), como forma de correlacionar entre si, os indicadores já apresentados. O IDH-M foi o único indicador

analisado nos anos de 1991, 2000 e 2010, tanto para as correlações dos municípios no entorno do rio como para São Miguel do Guamá, considerando os valores do censo demográfico dos respectivos anos para o IBGE.

Para a correlação entre os municípios do entorno do rio Guamá foi considerado apenas os valores referentes ao ano de 2010, tendo em vista os coeficientes obtidos para este período apresentarem melhores proporções estatísticas. Para as correlações do município de São Miguel do Guamá, foi feito a análise dos indicadores para os anos de 2000, 2005 e 2010, pois o cálculo das correlações lineares necessita de uma proporção numérica (crescente ou decrescente), entre as séries amostrais.

O coeficiente de correlação linear de Pearson ( $r$ ) corresponde em uma medida de valores entre +1 até -1 o qual quantifica o relacionamento linear entre séries amostrais. Para Spiegel (1972), esta correlação compreende o quociente entre a covariância e o produto dos seus desvios padrões, conforme demonstrado na equação (1) abaixo.

$$\rho_{x,y} = \frac{COV(X,Y)}{\sigma_X\sigma_Y}$$

Onde, COV representa a covariância; X,Y das variáveis;  $\sigma_X\sigma_Y$  o desvio padrão das variáveis. Valores próximos de +1 indicam forte correlação direta entre os parâmetros, enquanto que valores próximos de -1 indica forte correlação inversa, valores próximos de zero indicam ausência de correlação. Dancey e Reidy (2006) indicam uma classificação para coeficiente, sendo que  $r = 0,10$  até  $0,30$  (fraco);  $r = 0,40$  até  $0,60$  (moderado);  $r = 0,70$  até  $1$  (forte).

### 4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A figura 2 representa o crescimento populacional, em número de habitantes, e o produto interno bruto municipal – PIB, em reais, dos municípios do entorno do Rio Guamá, localizados no nordeste paraense. Os valores são referentes aos anos de 2000, 2005 e 2010, analisados com base no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. A população para o município de Belém (não mostrado no gráfico) corresponde a 1.280.614 habitantes em 2000; 1.405.873 habitantes em 2005; 1.393.399 habitantes em 2010. O PIB municipal de Belém equivale a R\$:6.464.402.000 em 2000; R\$:11.277.478.000 em 2005 e R\$:18.801.039.000 em 2010.

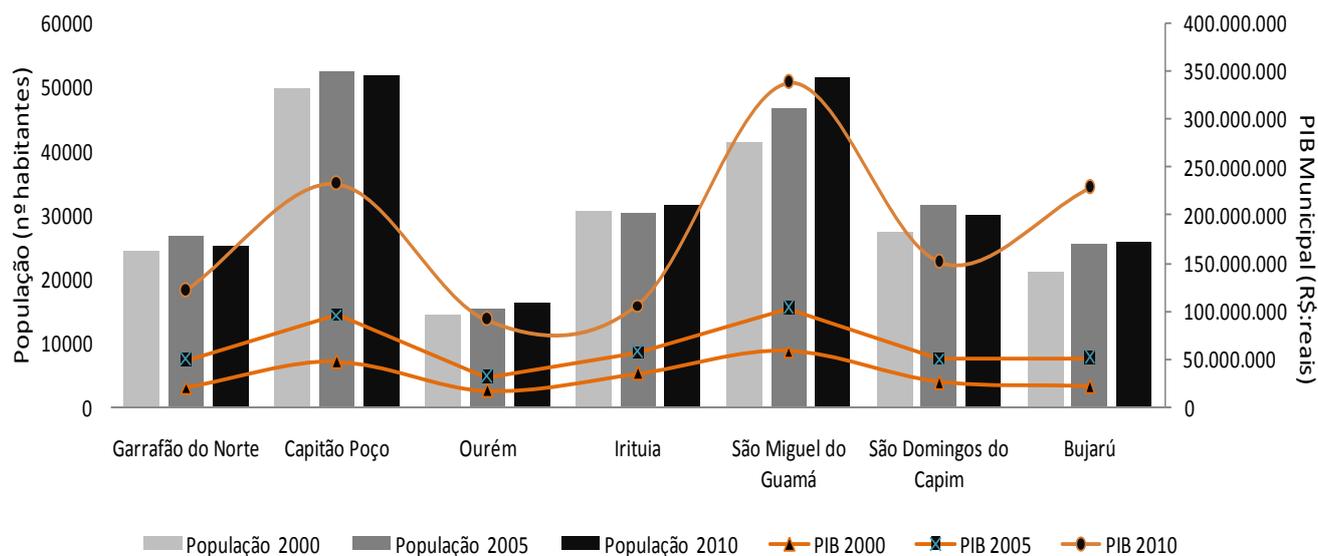


Figura 3: Crescimento populacional, em nº de habitantes, e PIB Municipal, dos municípios localizados no entorno do rio Guamá, Nordeste Paraense. Anos de 2000, 2005 e 2010.

Fonte: Elaborado pelo Autor.

É verificado na figura 2, um acentuado crescimento populacional para os municípios de Capitão Poço e São Miguel do Guamá em 2010, assim como um destaque para o PIB-Municipal de São Miguel do Guamá, correspondente a R\$:338.330.000 em 2010. Dados revelam que o aumento da economia do município de São Miguel do Guamá, coloca a região como em quinquagésimo terceiro lugar no ranking estadual de crescimento do PIB municipal do estado em relação às atividades econômicas desenvolvidas no lugar (CORDOVIL, NAHUM, 2013).

A indústria de cerâmica existente no município é relevante ao progresso da economia local, pois além de gerar empregos para grande parte da população, faz do município um destaque na economia paraense sendo caracterizado como referência no setor de produção de telhas e tijolos da região norte (CORDOVIL, NAHUM, 2013; LIMA, 2016; NEGRÃO *et al.*, 2015).

A figura 4 representa uma comparação, e os valores de correlação estatística, coeficiente de Pearson  $r$ , entre os índices de desenvolvimento humano municipal – IDH-M e a cobertura por sistema de abastecimento de água (%) dos municípios localizados no entorno do rio Guamá. 4b. Mostra os valores de correlação entre os oito municípios estudados. 4c: Representa somente correlações para o município de São Miguel do Guamá.

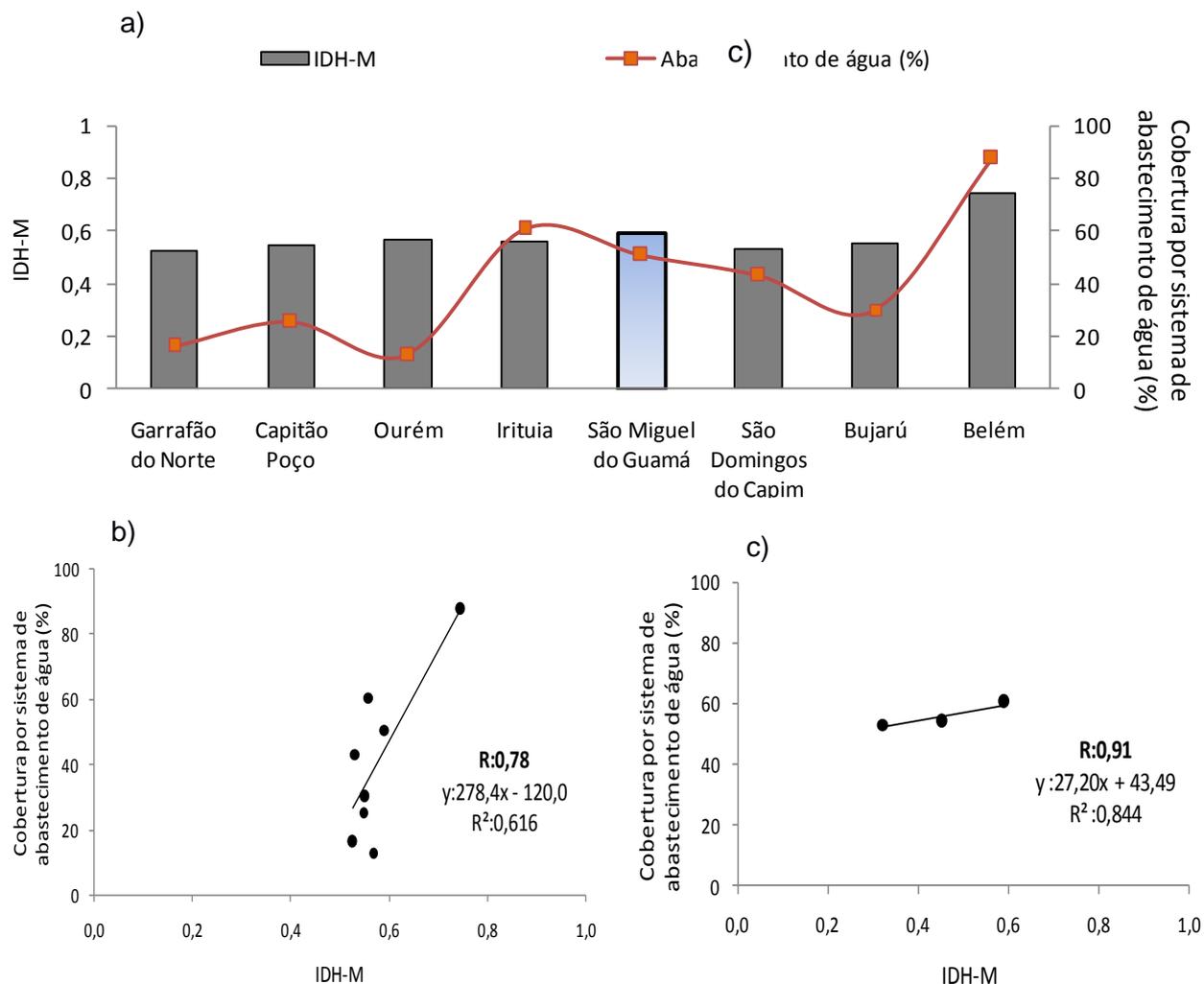


Figura 4: Relação entre o IDH-M e cobertura por sistema de abastecimento de água (%) 4a: Comparação dos municípios no entorno do Rio Guamá. Ano: 2010 4b: Correlação dos municípios no entorno do Rio Guamá. Ano: 2010. 4c: Correlação para São Miguel do Guamá. Anos: 2000, 2005 e 2010.

Fonte: elaborado pelo autor.

É verificado em 4a, que Belém apresenta um IDH-M alto (0,74) e um sistema de abastecimento de água (87,70%), superior a todos os demais municípios. São Miguel do Guamá apresenta o maior IDH-M entre os municípios do nordeste paraense (0,59), estando na transição para a categoria alta, as demais regiões apresentam similaridade quanto aos valores do IDH-M (0,55 a 0,56), todas na categoria baixa. O abastecimento de água entre os municípios do nordeste paraense é maior em Irituia (60,67%) e em São Miguel do Guamá (50,75%).

A figura 4b mostra uma forte e positiva correlação entre o IDH-M e o sistema de abastecimento de água para os municípios no entorno do rio Guamá ( $r:0,78$ ). O mesmo pode ser verificado em 4c, estatística de correlação

similar para o município de São Miguel do Guamá ( $r:0,91$ ). O crescimento diretamente proporcional entre os valores de IDH-M e o abastecimento de água reflete que as ações de saneamento básico são essencialmente necessárias para se estabelecer condições salubres que concedam o pleno desenvolvimento humano (DA SILVA JÚNIOR, 2016; LIBÂNIO *et al.*, 2005). Libânio *et al.*, (2005) afirmam que a justificativa de tal correlação ser elevada, é devido ao cálculo desse índice levar em consideração a estatística de renda da população, além de estatísticas de educação e a expectativa de vida.

A figura 5 representa uma comparação do IDH-M e da cobertura por sistema de esgotamento sanitário (%) dos municípios do entorno do rio Guamá, Pará. 5a: Correlação linear de Person,  $r$ , entre os oito municípios as margens do rio. 5b: Correlação linear para o município de São Miguel do Guamá.

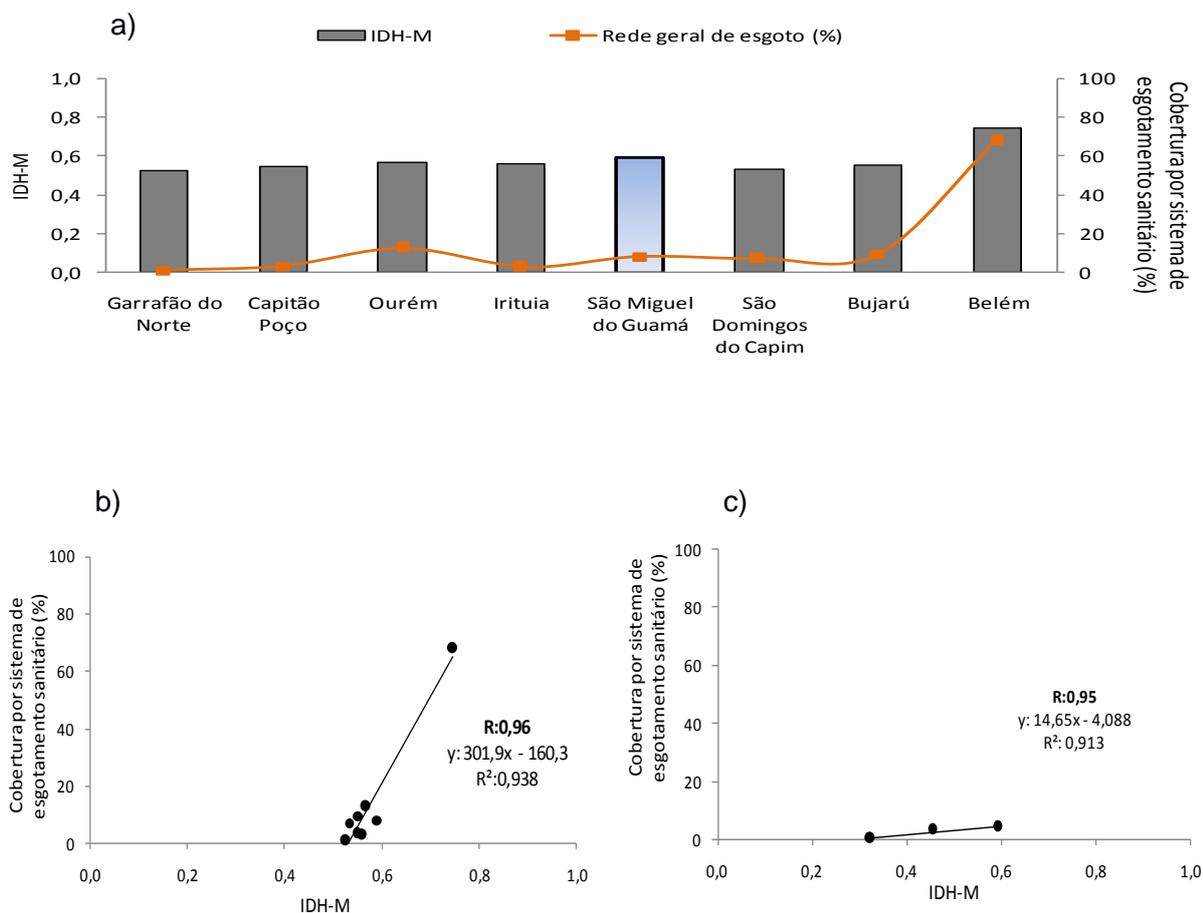


Figura 5: Relação entre o IDH-M e cobertura por sistema de esgotamento sanitário (%). 5a: Comparação entre os municípios no entorno do Rio Guamá.. 5b: Correlação entre os municípios no entorno do Rio Guamá. 5c: Correlação para São Miguel do Guamá. Ano: 2000, 2005 e 2010.

Fonte: elaborado pelo autor.

É verificado na figura 5a, que Belém detém o maior percentual de cobertura por sistema de esgotamento sanitário (%) em comparação as demais regiões. Para os municípios do nordeste paraense, São Miguel do Guamá ocupa a terceira posição com o valor de 8,1% de esgotamento sanitário adequado, Ourém apresenta 12,95% e Bujarú 9,6%.

É destaque, tanto na figura 5b e 5c, fortes e positivos valores de correlação estatística entre o IDH-M e a cobertura por sistema de esgotamento sanitário nos municípios ( $r:0,96$  e  $r:0,95$ ). Isso mostra que as ações governamentais de eficiência e boas práticas de governança nos sistemas de saneamento interferem diretamente na qualidade de vida e no desenvolvimento da população (SILVEIRA; SOUZA *et al.*, 2016; SOUZA *et al.*, 2017). Teixeira *et al.*, (2012) defendem que quanto menor a renda per capita de determinada população, mais vulnerável está a exclusão sanitária.

A figura 6 representa um quadro comparativo do IDH-M e da morbidade por diarreia e gastroenterite (nº de internações). 6a: Correlação estatística entre os oito municípios do entorno do rio Guamá. 6b: Correlação estatística para o município de São Miguel do Guamá.

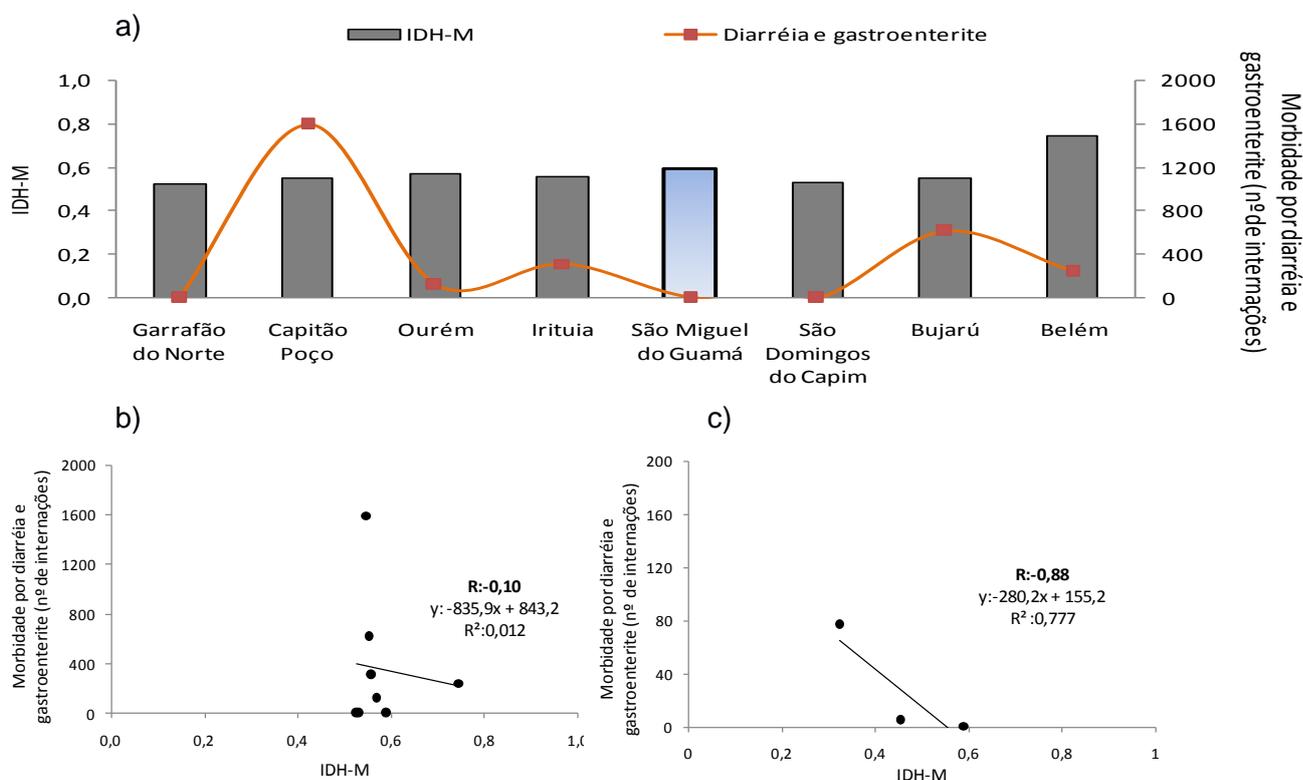


Figura 6: Relação entre o IDH-M e morbidade por diarreia e gastroenterite (nº de internações). 6a: comparação entre os municípios no entorno do Rio Guamá. Ano: 2010. 6b: Correlação dos municípios no entorno do Rio Guamá. Ano: 2010. 6c: Correlação para São Miguel do Guamá. Anos: 2000, 2005 e 2010. Fonte: elaborado pelo autor.

Os valores de morbidade por diarreia e gastroenterite são elevados para o município de Capitão Poço, nordeste paraense (1.593 casos de internação), seguido de Bujarú (613 internações), e Irituia (311 internações). São Miguel do Guamá apresentou o registro de apenas um caso de internação no período de estudo.

Os dados estatísticos do coeficiente de correlação baixo e negativo em 6b ( $r:-0,10$ ), mostra que ocorre uma proporção inversa entre os valores de IDH-M e morbidade por diarreia e gastroenterite. O fato de este coeficiente estar baixo é devido aos elevados casos de internação de diarreia e gastroenterite não acompanharem uma redução, se comparados com o crescimento dos valores de IDH-M entre os municípios no entorno do rio.

Quando a mesma estatística é feita para o município de São Miguel do Guamá, figura 6c, é verificada uma correlação forte e negativa ( $r:-0,88$ ), tendo em vista que o número de casos de internação das doenças ser inversamente proporcional com o crescimento do IDH-M da população guamaense.

A explicação de tal correlação ser elevada ocorre pelo fato do cálculo do IDH-M levar em consideração a longevidade, expectativa de vida da população em anos. Doenças diarreicas e gastrointestinais interferem no quadro clínico de saúde do indivíduo, interferindo neste modo em sua longevidade. Para Teixeira *et al.*, (2012), a saúde deve ser analisada como produto das relações entre variáveis sociais, econômicas e ambientais. Logo os indicadores de desenvolvimento humano servem como uma importante ferramenta na documentação das condições de vida, e no estado de saúde de determinada população (FRANCESCHINI *et al.*, 2009; TEIXEIRA; HELLER, 2005).

A figura 7 mostra a comparação entre os valores de IDH-M e disponibilidade hídrica superficial ( $m^3/s$ ). 7b: Correlação estatística entre os oito municípios no entorno do rio Guamá. 7c: Correlação estatística para São Miguel do Guamá.

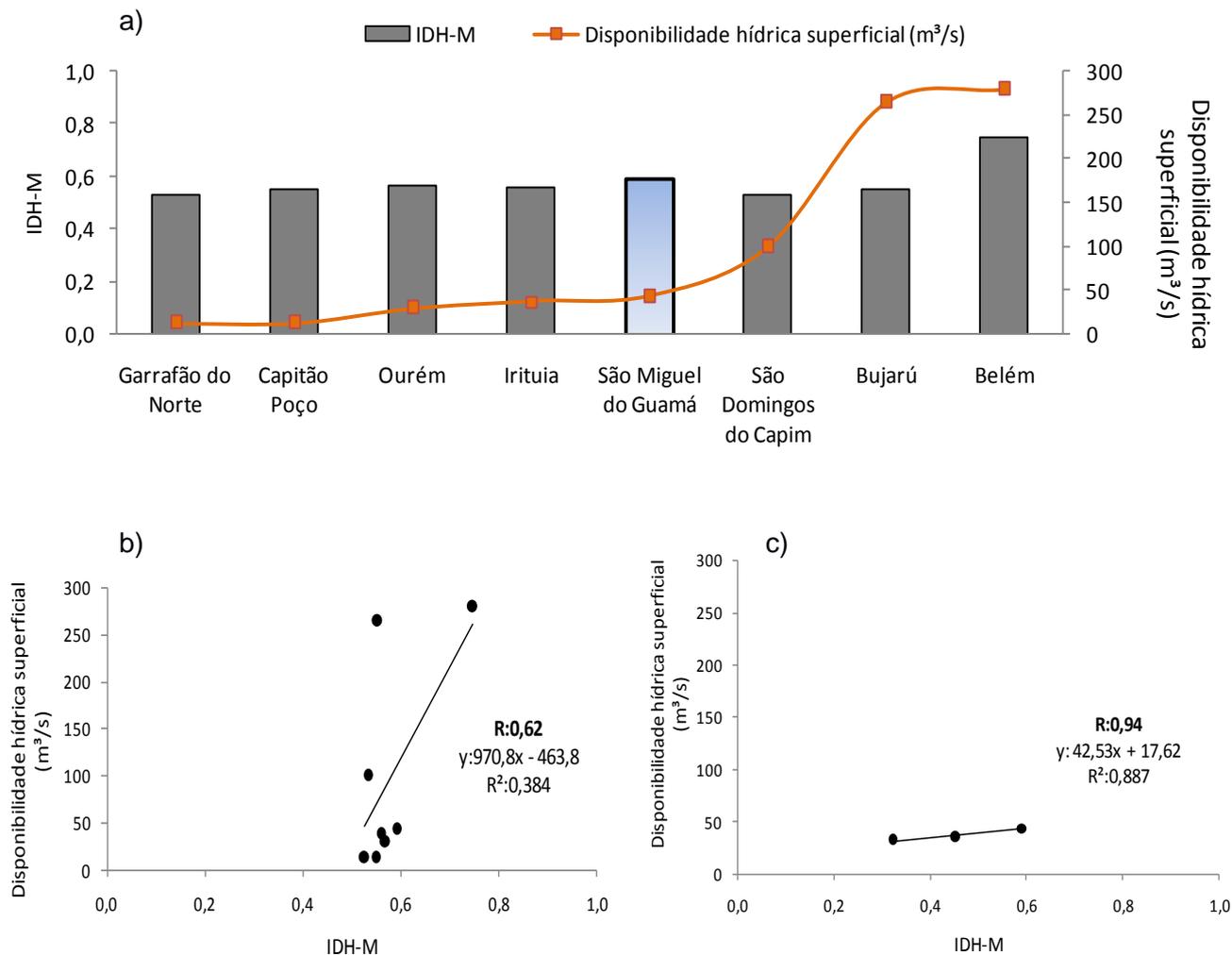


Figura 7. 7a: Relação entre o IDH-M e disponibilidade hídrica superficial ( $m^3/s$ ). 7a: Correlação entre os municípios no entorno do Rio Guamá. Ano: 2010 7b: Correlação entre os municípios no entorno do rio Guamá. Ano: 2010. 7c: Correlação para São Miguel do Guamá. Anos: 2000, 2005 e 2010.

Fonte: elaborado pelo autor.

É verificado na figura 7a, que quando o curso do rio Guamá se aproxima da foz, maior a sua disponibilidade hídrica superficial ( $m^3/s$ ). Belém apresenta valores em vazão superior aos demais municípios estudados ( $279,40m^3/s$ ). Garrafão do Norte e Capitão Poço, localizados nas proximidades da nascente do rio, apresentam vazões menores ( $12,71m^3/s$ ). São Miguel do

Guamá apresenta valores de vazão intermediários entre os municípios em destaque ( $42,43\text{m}^3/\text{s}$ ). Segundo Aquino *et al.*, (2005), os rios apresentam vazão máxima em sua foz, onde a velocidade de água corrente é influenciada diretamente pela declividade do leito, viscosidade da água, largura e profundidade do canal.

Os valores, positivo e moderado da figura 7b ( $r:0,62$ ) e positivo e forte da figura 7c ( $r:0,94$ ) evidenciam uma proporção direta entre os dados de IDH-M e os cursos d'água. Essa proporção não deve ser entendida como regra geral, tendo em vista que os valores de IDH-M podem não ser influenciados pela disponibilidade hídrica de determinada região. Libânio (2005) mostra em seu trabalho exemplos de regiões brasileiras com baixa disponibilidade hídrica per capita ( $< 10.000\text{ m}^3/\text{hab.ano}$ ) noroeste do Paraná, São Paulo e Rio de Janeiro, com IDH elevado ( $> 0,7$ ), em contrapartida regiões do país com elevadas taxas de disponibilidade de água ( $> 100.000\text{ m}^3/\text{hab.ano}$ ) Acre e Amazonas, com baixo IDH ( $< 0,7$ ).

Allan (2003), Dias, Silva (2015); Silveira, Souza *et al.*, (2016) discorrem sobre o fato de que a disponibilidade de água em quantidade necessária ao atendimento de demandas populacionais específicas e setores industriais é um fator de importância ao desenvolvimento de algumas regiões do país. Já Libânio (2005), afirma que as reservas hídricas não devem ser analisadas somente por termos quantitativos, pois estas dizem respeito somente à potencialidade dos recursos, e não sobre disponibilidade dos mesmos.

A figura 8 representa uma comparação entre os valores de cobertura por sistema de abastecimento de água (%) e a morbidade por diarreia e gastroenterite (nº de casos de internação). 8a: a correlação estatística entre os municípios no entorno do rio Guamá, 8c: correlação estatística para o município de São Miguel do Guamá.

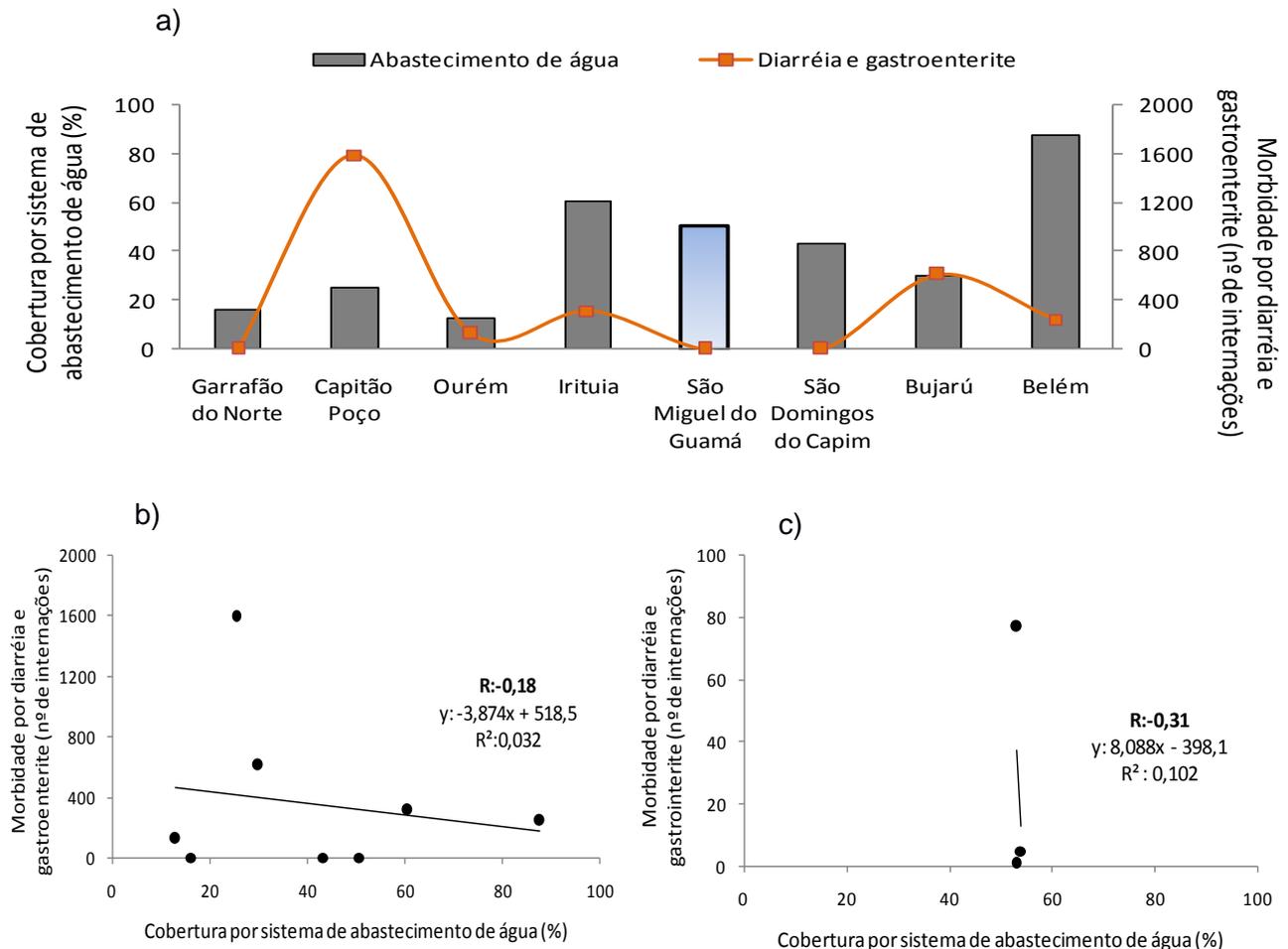


Figura 8: Relação entre a cobertura por sistema de abastecimento de água (%) e morbidade por diarreia e gastroenterite (nº de internações). 8a: Comparação entre os municípios no entorno do rio Guamá. Ano: 2010 8b: Correlação entre os municípios no entorno do rio Guamá. Ano: 2010. 8c: Correlação para o município de São Miguel do Guamá. Anos: 2000, 2005 e 2010. Fonte: elaborado pelo autor.

É verificada na figura 8a, uma fraca relação inversa entre o sistema de abastecimento de água (%) e os valores de morbidade por diarreia e gastroenterite (nº de internações). Belém apresenta entre os municípios a maior rede de abastecimento de água (87,70%) e valores relativamente moderados para diarreia e gastroenterite (242 casos de internação), em comparação com Capitão Poço que apresenta uma das menores redes de abastecimento de água (25,43%) e uma elevada taxa de casos de diarreia e gastroenterite (1.593 internações).

São Miguel do Guamá apresenta o segundo maior sistema de abastecimento de água (50,75%) dos municípios do nordeste paraense e um número baixo de internações referente à diarreia e gastroenterite (1 caso). Tal

fato pode ser a justificativa da sua correlação, figura 8c( $r:-0,31$ ), ser superior à da correlação da figura 8b, ( $r:-0,18$ ), tendo em vista o número de internações por diarreia e gastroenterite não diminuir com o aumento do sistema de abastecimento de água nos demais municípios do nordeste paraense.

O prevaletimento de tais doenças, mesmo com elevado sistema de abastecimento de água é um indicativo da fragilidade dos sistemas públicos de saneamento (LIBÂNIO *et al.*, 2005; TEIXEIRA *et al.*, 2012). Heller (1997) e Teixeira *et al.*, (2012), expõem que as infraestruturas sanitárias deficientes afetam as condições de saúde e vida de populações em países em desenvolvimento, onde doenças infecciosas são as principais causas de morbidade e mortalidade infantil. Em trabalhos de revisão bibliográfica Heller (1997), conclui que a melhoria dos indicadores de saúde pública, é em função da reforma da rede de abastecimento de água e dos sistemas de esgotamento sanitário.

A figura 9 representa um quadro comparativo entre a cobertura por sistema de esgotamento sanitário (%) e a morbidade por diarreia e gastroenterite (nº de internações) entre os municípios do entorno do rio Guamá. 9b: A correlação estatística entre os oito municípios. 9c: A correlação estatística para o município de São Miguel do Guamá.

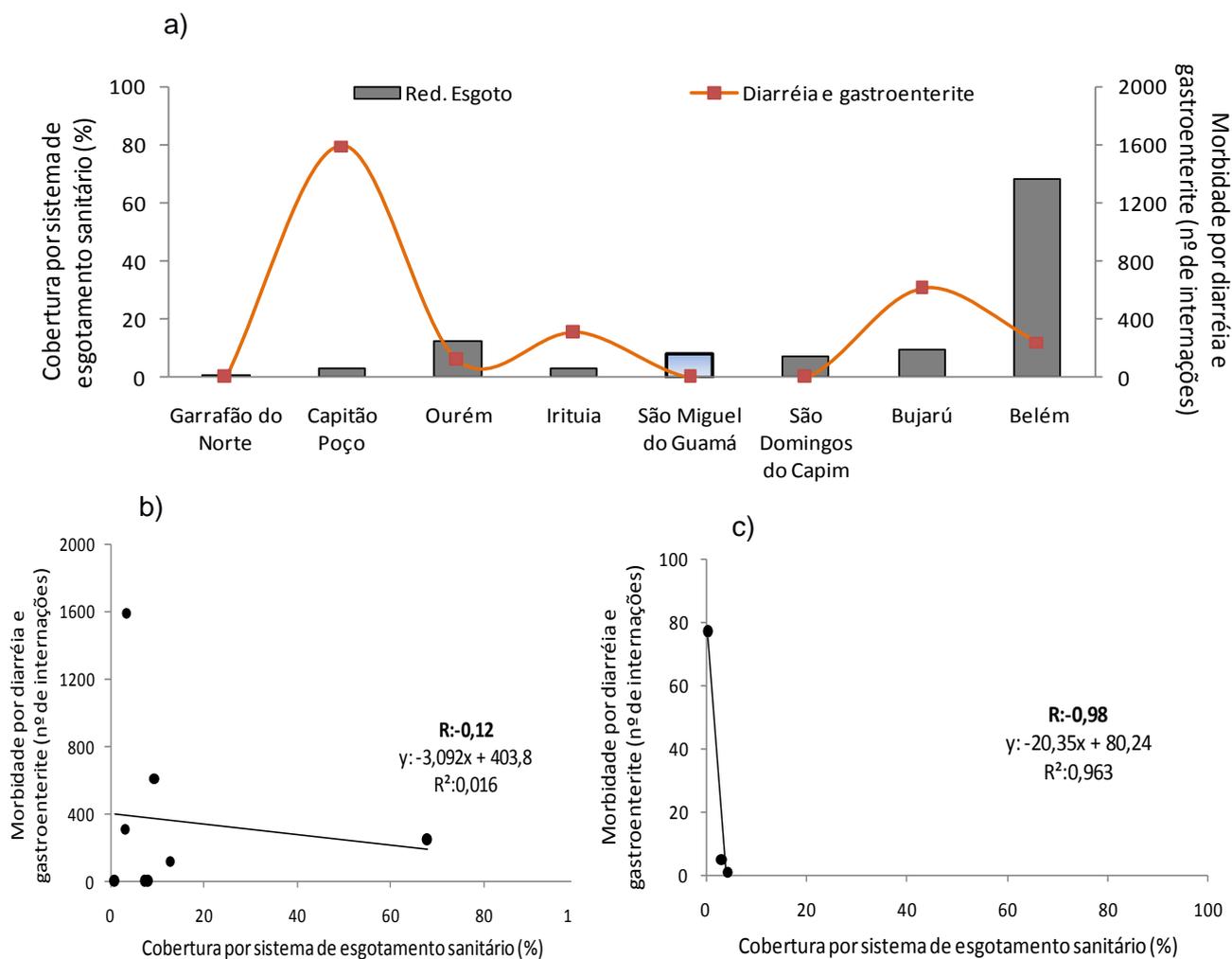


Figura 9: Relação entre a cobertura por sistema de esgotamento sanitário (%) e morbidade por diarreia e gastroenterite (nº de internações). 8a: Comparação entre os municípios no entorno do rio Guamá. Ano: 2010. 8b: Correlação entre os municípios no entorno do rio Guamá. Ano: 2010. 8c: Correlação para o município de São Miguel do Guamá. Anos: 2000, 2005 e 2010. Fonte: elaborado pelo autor.

A figura 9, 9a, mostra que existe uma precariedade no sistema de esgotamento sanitário entre os municípios do nordeste paraense, nenhum outro chega a ter mais que 13%, e que os mesmos não acompanham uma redução nos valores dos casos de diarreia e gastroenterite. Fato este que justifica a fraca e negativa correlação mostrada na figura 9b, ( $r: -0,12$ ). Em contrapartida a figura 9c revela uma forte e negativa correlação ( $r: -0,98$ ), evidenciando que o crescimento do quadro de esgotamento sanitário em São Miguel do Guamá acompanha uma redução nos valores de casos de internação de diarreia e gastroenterite.

A forte correlação inversamente proporcional entre a rede de esgotos e os casos de internação, evidencia que há uma estreita relação entre questões das áreas de recursos hídricos, saneamento ambiental, saúde pública e esgotamento sanitário (SILVEIRA; SOUZA *et al.*, 2016; SOARES; FERREIRA, 2017). Onde a precariedade do saneamento básico afeta, sobretudo, elevadas taxas de enfermidades em população de baixa renda (SILVA JÚNIOR, 2016; LIBÂNIO *et al.*, 2005; TEIXEIRA *et al.*, 2012). Libânio *et al.*, (2005) e Teixeira *et al.* (2012) apresentam em seu trabalho a forte relação entre a cobertura de serviços de rede de esgoto com o aumento de indicadores de saúde pública.

#### **4.4 CONCLUSÃO**

É verificada no presente estudo, uma elevada interação estatística entre os indicadores sociais, saúde, saneamento básico e disponibilidade hídrica, entre os municípios do entorno do rio Guamá, sobretudo para a região de São Miguel do Guamá, nordeste paraense. Tais correlações evidenciam a necessidade de um estudo socioambiental onde os indicadores sejam analisados de forma conjunta, e não de maneira isolada.

Em síntese se constatou; fortes correlações positivas entre o IDH-M e a cobertura por sistema de abastecimento de água (%), cobertura por sistema de esgotamento sanitário (%), e disponibilidade hídrica superficial ( $m^3/s$ ) entre os municípios no entorno do rio Guamá e para o município de São Miguel do Guamá, assim como, fortes correlações negativas entre IDH-M e morbidade por diarreia e gastroenterite em São Miguel do Guamá. A cobertura por sistema de esgotamento sanitário (%) apresentou fortes correlações negativas com os casos de internação de diarreia e gastroenterite em São Miguel do Guamá.

Foram observadas correlações fracas e negativas entre o IDH-M e os casos de morbidade por diarreia e gastroenterite, assim como o abastecimento de água (%) e rede de esgotamento sanitário (%) com as doenças, para os municípios no entorno do rio Guamá. Indicativo de que tais municípios mesmo com um crescimento do IDH-M e saneamento básico ao longo dos anos, não acompanharam uma redução nos casos de doenças relacionadas à contaminação por água contaminada. Evidenciando uma fragilidade na saúde da população da região.

O mesmo não pode ser analisado para São Miguel do Guamá, onde o crescimento das taxas de IDH-M e saneamento básico, rede de abastecimento de água (%) e esgotamento sanitário (%), acompanham uma redução nos valores de enfermidades diarreicas e gastrointestinais. Tão explicação justifica as fortes correlações existentes entre os indicadores para o referido município paraense.

O método das correlações lineares, coeficiente de Pearson (r), foi utilizado para o melhor entendimento da relação estatística e proporcional existente entre os indicadores sociais, econômicos, de saúde, saneamento público e disponibilidade hídrica. A correlação entre diferentes variáveis permite o melhor entendimento do quadro sócioambiental dos municípios paraenses no entorno do rio Guamá e em São Miguel do Guamá, tendo em vista ser uma pesquisa pioneira em sua abordagem metodológica para a região.

## Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. Disponível em <<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/panorama-das-aguas/quantidade-da-agua/chuvas>>. Acesso em 30.12.2018.

ALLAN, John Antony. Virtual water-the water, food, and trade nexus. Useful concept or misleading metaphor?. **Water international**, v. 28, n. 1, p. 106-113, 2003.

ALVARENGA, Livia Alves; MARTINS, Maria Paulete Pereira; CUARTAS, Luz Adriana; PENTEADO, Vinicius Alves ; ANDRADE, Alexandra. Estudo da qualidade e quantidade da água em microbacia, afluente do rio Paraíba do Sul– São Paulo, após ações de preservação ambiental. **Revista Ambiente e Água**, v. 7, n. 3, 2012.

AQUINO, Sâmia; STEVAUX, José Cândido; LATRUBESSE, Edgardo Manuel. Regime hidrológico e aspectos do comportamento morfohidráulico do rio Araguaia. **Revista brasileira de geomorfologia**, v. 6, n. 2, 2005.

BUENO, Lara F.; GALBIATTI, Joao Antonio; BORGES, Maurício J. Monitoramento de variáveis de qualidade da água do Horto Ouro Verde-Conchal-SP. **Engenharia Agrícola**, p. 742-748, 2005.

CORDOVIL, GilberValerio; NAHUM, João Santos. INDÚSTRIAS CERÂMICAS E DESENVOLVIMENTO TERRITORIAL EM SÃO MIGUEL DO GUAMÁ-PA. **ENTRE-LUGAR**, v. 2, n. 4, p. 65-93, 2011.

SILVA JUNIOR, R. P., SOUSA, R. A., CARDOSO, T. Z., RODRIGUES, M. T. P., OLIVEIRA CARDOSO, O. Relação entre indicadores sociais e de saúde e a qualidade do ecossistema lótico nos municípios ao longo do curso do rio Poti no estado do Piauí **REMEA-Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, v. 33, n. 2, p. 34-50, 2016.

DANCEY, C.; REIDY, J. Estatística sem matemática para Psicologia: Usando SPSS para Windows. Porto Alegre, Artmed. 2006.

DATASUS. Departamento de Informação e Informática do SUS. Disponível em: <<http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php>> Acesso em: 27 de Dezembro de 2018.

DIAS, Rodrigo Silva; DA SILVA, Djane Fonseca. Relação entre variabilidade pluviométrica, indicadores socioeconômicos e produção agrícola no Cariri/Centro Sul cearense Relationship between rainfall variability, social economic index and agricultural production in Cariri/South Central Ceará. **AMBIÊNCIA**, v. 11, n. 2, p. 345-358, 2015.

FRANCESCHINI, Vanessa Lima Caldeira; RODRIGUES, Roberto Nascimento; CARLA JORGE, Machado. Análise espacial do perfil dos nascidos vivos vulneráveis ao óbito infantil por áreas de abrangência dos Centros de Saúde em Belo Horizonte, 2000. **Cad. saúde colet., (Rio J.)**, v. 17, n. 2, 2009.

GALVÃO MIRANDA, R.; PEREIRA, S. D. F. P.; ALVES, D. T. V.; OLIVEIRA, G. R. F. Qualidade dos recursos hídricos da Amazônia-Rio Tapajós: avaliação de caso em relação aos elementos químicos e parâmetros físico-químicos. **Ambiente&Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 4, n. 2, p. 75-92, 2009.

HELLER, Léo. Saneamento e Saúde—OPAS-OMS. **Representação do Brasil, Brasília**, 1997.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censos Demográficos de 1991, 2000 e 2010. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/sao-miguel-do-guama/panorama>. Acesso em: 24.jan. 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Coordenação de Geografia. Atlas de saneamento 2011. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: [http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/atlas\\_saneamento/default\\_zip.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/atlas_saneamento/default_zip.shtm). Acesso em: 27.Dez. 2018.

LIBÂNIO, P. A. C.; CHERNICHARO, C. A. de L.; NASCIMENTO, N. de O. The water quality dimension: an evaluation of the relationship between social, water availability, water services and public health indicators. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 10, n. 3, 2005.

LIMA, Marco Antonio. Práticas de cooperação, aprendizagem e inovação no arranjo produtivo local de indústria de cerâmica estrutural no município de São

Miguel do Guamá/PA: uma análise exploratória. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 12, n. 1, 2016.

MONTEIRO, M. D. R., MELO, N. F. A. C. D., ALVES, M. A. M. D. S., PAIVA, R. S. Composição e distribuição do microfitoplâncton do rio Guamá no trecho entre Belém e São Miguel do Guamá, Pará, Brasil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi Ciências Naturais**, v. 4, n. 3, p. 341-351, 2009.

MULLER, A. C. Hidrelétricas, meio ambiente e desenvolvimento. São Paulo: Makron Books, 1996.

NEGRÃO, K. R. M., GOMES, S. C., CABRAL, E. R., DOS SANTOS CARVALHO, M. C. Análise de potenciais arranjos produtivos locais de cerâmica e desenvolvimento local: uma aplicação do índice de concentração normalizado. **Navus: Revista de Gestão e Tecnologia**, v. 5, n. 4, p. 6-20, 2015.

PEREIRA, A. R.; SANTOS, A. A.; SILVA, W. T. P.; FROZZI, J. C.; PEIXOTO, K. L. G. Avaliação da qualidade da água superficial na área de influência de um lixão. *Revista Ambiente e Água*, v.8, n. 3, p 239-246, 2013.

PIRATOBA, A. R. A., RIBEIRO, H. M. C., MORALES, G. P., & GONÇALVES, W. Caracterização de parâmetros de qualidade da água na área portuária de Barcarena, PA, Brasil. **Ambiente&Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 12, n. 3, p. 435-456, 2017.

SANTOS, M. D. L. S., HOLANDA, P., PEREIRA, I., RODRIGUES, S., PEREIRA, J. A. R., & MESQUITA, K. Influência Das Condições Da Maré Na Qualidade De Água Do Rio Guamá E Baía Do Guajará. **Boletim Técnico Científico do Cepnor/Tropical Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 14, n. 1, p. 17-25, 2015.

SISTEMA DE INFORMAÇÃO DA ATENÇÃO BÁSICA. (SIAB) Mortalidade e Morbidade Brasileira. Disponível em <<http://datasus.saude.gov.br/>>. Acesso em: 06 Dez. 2018.

SISTEMA DE INFORMAÇÕES HOSPITALARES DO SUS (SIH/SUS). Morbidade Hospitalar do SUS por local de residência. Tabulação em âmbito nacional, Período de 2000. Disponível em: <<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/sih/mrmap.htm>>. Acesso em: 06 Jan. 2019.

SILVA, A. E. P., ANGELIS, C. F., MACHADO, L. A. T., WAICHAMAN, A. V. Influência da precipitação na qualidade da água do Rio Purus. **Acta Amazônica**, v. 38, n. 4, p. 733-742, 2008.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO (SNIS). Disponível em: . Acesso em 30. Dez. 2018.

SOARES, Elisa Mercês; FERREIRA, Rafael Lopes. Avaliação da qualidade da água e a importância do saneamento básico no Brasil. **Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v. 13, n. 6, 2017.

SOUZA SILVA, A. P. D. S.; Dias, H. C. T.; BASTOS, R. K. X.; SILVA, E. Qualidade da água do reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti, Minas Gerais. **Revista Árvore**, v. 33, n. 6, p. 1063-1069, 2009.

SOUZA, S. P. C ; REIS, A. B. ; MEIRELLES JUNIOR, J. C. . Análise da correlação de indicadores sociais e institucionais dos municípios da região metropolitana do rio de janeiro. 2017.

SOUZA, Saulo Bruno Silveira e; Clementino FERREIRA, Nilson; MARTINS FORMIGA, Klebber Teodomiro. Estatística espacial para avaliar a relação entre saneamento básico, IDH e remanescente de cobertura vegetal no estado de Goiás, Brasil. **Ambiente&Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 11, n. 3, 2016.

SPIEGEL, M. R. **Estatística**. São Paulo: McGraw-HILL, 1972. p. 580.

TEIXEIRA, Júlio César; GOMES, Maria Helena Rodrigues; SOUZA, Janaina Azevedo de. Associação entre cobertura por serviços de saneamento e indicadores epidemiológicos nos países da América Latina: estudo com dados secundários. **Revista Panamericana de Salud Pública**, v. 32, p. 419-425, 2012.

TEIXEIRA, Júlio César; HELLER, Léo. Fatores ambientais associados à diarreia infantil em áreas de assentamento subnormal em Juiz de Fora, Minas Gerais Childhood diarrhea-related to environmental factors in subnormal settlements in Juiz de Fora, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Saúde Materno Infantil**, v. 5, n. 4, p. 449-455, 2005.

TORRES, Marcelo Ferreira. **A pesca ornamental na bacia do rio Guamá: sustentabilidade e perspectivas ao manejo. 2007**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Pará, Núcleo de Altos Estudos Amazônicos, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido. Belém, 2007.

TUCCI, C. E. M. Águas urbanas. *Estudos Avançados*, v. 22, n. 63, 2008.

UHLY, Steven *et al.* Questão da água na Grande Belém. In: **Questão da água na Grande Belém**. Casa de Estudos Gemânicos/Fundação Heinrich Böll, 2004.

UNDP – United Nations Development Programme. Human Development Report 2002: Deepening Democracy in a Fragmented World. New York: Oxford University Press, 2002. UNDP – United Nations Development Programme. Human Development Report 2004: Cultural Liberty in Today's Diverse World. New York, 2004.

ZHANG, Z., TAO, F., DU, J., SHI, P., YU, D., MENG, Y., SUN, Y. Surface water quality and its control in a river with intensive human impacts a case study of the Xiangjiang River, China. *Journal of Environmental Management*, v. 91, p. 2483–2490, 2010.

## **CAPÍTULO 5 CONCLUSÃO GERAL**

### **5.1 RESULTADOS CHAVES: IMPACTOS E IMPLICAÇÕES**

O presente estudo mostra-se pioneiro para região de São Miguel do Guamá, tendo em vista haver poucas pesquisas que abordem a análise da qualidade de água na vertente interdisciplinar para a mesorregião do nordeste paraense. A maioria dos trabalhos sobre qualidade de água do rio Guamá, estende-se a sua foz nas proximidades do entorno do município de Belém, capital do estado, o que é até certo modo entendido, pois o quantitativo populacional, as atividades portuárias e comerciais e o despejo de resíduos industriais são mais concentrados nessa região do estado.

Contudo, o processo de urbanização de municípios do interior do estado se dá de forma crescente nos últimos anos, e assim, pressões sobre os recursos naturais, inserido nesse contexto a qualidade da água, se dão de forma acelerada e muitas vezes não acompanhando um correto planejamento ambiental das suas práticas. O entendimento sobre indicadores de qualidade de água em regiões que ainda não foram estudadas é necessário para subsidiar padrões de análise para trabalhos futuros.

A pesquisa ocorreu durante um evento de extremo climático, El Niño, anos de 2015 e 2016, onde se observou correlações expressivas (fortes na proporção direta e inversa) entre os parâmetros nos anos influenciados pelo fenômeno. Vale ressaltar que o estudo das correlações entre indicadores de qualidade de água, em períodos que não ocorrem extremos climáticos, pode apresentar resultados finais diferentes, quando comparados aos padrões discutidos no presente estudo.

As implicações presentes na pesquisa se dão, em um primeiro momento, em decorrência de um número reduzido de parâmetros analisados, as explicações referentes à contaminação humana e industrial no entorno do rio Guamá, seria mais bem compreendida, na análise de parâmetros relacionados diretamente com o tipo de resíduo lançado no rio. O estudo sobre o ciclo de despejo dos resíduos no entorno do Rio Guamá em São Miguel do Guamá, daria um entendimento melhor nos estudo das correlações multivariadas dos pontos amostrais.

O cálculo de vazão do rio ( $m^3/s$ ) é outro fator que se medido em lócus, daria uma confiabilidade maior as correlações existentes entre aos parâmetros físico químicos estudados. O método da interpolação de vazões naturais foi feito em decorrência de não haver estação hidrológica para o município de São Miguel do Guamá. As fortes vazões nas águas do rio Guamá, podem ter mascarado as alterações que os resíduos das atividades antrópicas exercem sobre os padrões de qualidade de água.

A influência das condições de maré (m), que supostamente influenciam padrões de qualidade de água do rio Guamá, até o município de São Miguel, foi descartada tendo em vista não haver aparelhagem para sua medição no início dos anos de coleta. Sendo que os dados mais próximos de análise estão para o município de Belém que se localiza a aproximadamente 150 km da região estudada.

## **5.2 PRIORIDADES PARA PESQUISAS FUTURAS**

Para os próximos trabalhos, é necessário um suporte maior em relação ao número de parâmetros a serem analisados. Nesse contexto, é fundamental o estudo de padrões microbiológicos, principalmente quando se tratam de contaminação das águas por efluentes domésticos. Outros parâmetros de classificação química como nitrogênio, fósforo, cálcio, magnésio, dureza, acidez, alcalinidade; indicadores relacionados à matéria orgânica como Demanda Química de Oxigênio – DQO, Demanda Bioquímica de Oxigênio – DBO, como também componentes inorgânicos, metais pesados.

A caracterização da área de estudo, descarte de resíduos das atividades na região, é fator primordial para se escolher corretamente os parâmetros a serem analisados nas próximas pesquisas. A sazonalidade de despejo de poluentes pelas atividades nos cursos d'água deve antes de tudo ser analisada previamente, tendo em vista que pode haver coleta de águas, em períodos em que não fora diagnosticado lançamento de resíduos nas águas do rio.

A qualidade da água deve continuar a permear a vertente interdisciplinar, logo utilizar ferramentas metodológicas confiáveis para o cálculo de precipitação (mm), vazão do rio ( $m^3/s$ ), vazão de diluição de

poluentes, regime de maré (m), é de fundamental importância para se conhecer as conexões físicas e ambientais que influenciam no sistema hidrológico local.

O diagnóstico social deve ser caracterizado, antes de tudo, pela forma que a população se utiliza das águas do rio, seja para abastecimento humano, recreação, pesca, lazer, economia. Caracterizar os aspectos socioambientais das regiões que se localizam em torno de rios amazônicos, por meio de questionários, entrevistas, estudos sobre vulnerabilidade, é uma forma mais eficiente de se entender a relação ser humano e meio ambiente.

### 5.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De forma geral, a pesquisa buscou fazer uma análise da qualidade da água do rio Guamá com base na vertente interdisciplinar. Tendo em vista que os estudos voltados à análise de cursos d'água no Brasil centram-se muito na natureza quantitativa dos indicadores. A figura 1 representa a forma de interação das diferentes vertentes socioambientais do Rio Guamá, em São Miguel do Guamá, Pará, analisadas no presente trabalho.

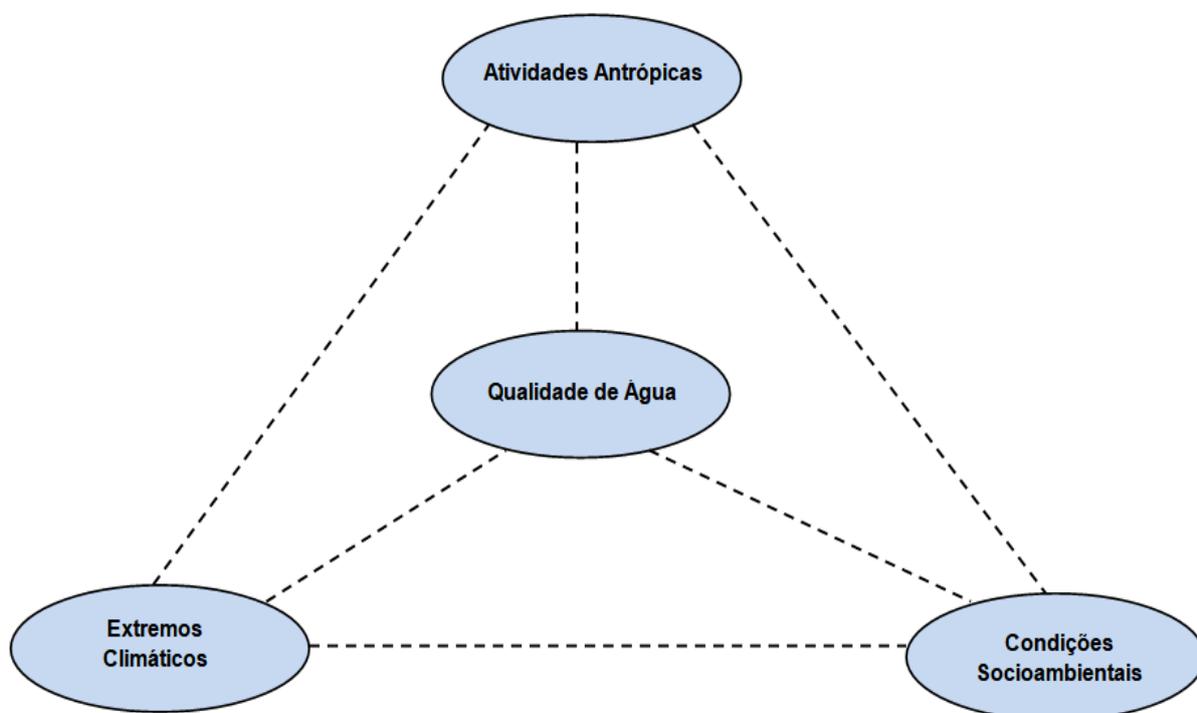


Figura 1- Esquema sintetizado da vertente interdisciplinar da presente pesquisa.  
Fonte: Elaborado pelo autor.

A pesquisa científica em ciências ambientais deve levar em consideração o entendimento de todas as vertentes que interferem no sistema. Pois a conexão entre as diferentes áreas do saber, proporcionam um melhor entendimento sobre as condições reais sobre qualidade de água no Brasil e no mundo, servindo como proposta temática para embasamento de pesquisas futuras que abordem assuntos similares.

## REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, Monik Fernandes de; SOUZA, Everaldo Barreiros de; OLIVEIRA, Maria do Carmo Felipe de; SOUZA JÚNIOR, José Augusto de. Precipitação nas mesorregiões do estado do Pará: climatologia, variabilidade e tendências nas últimas décadas (1978-2008). **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 6, p. 151-168, 2010.

ALVARENGA, Lívia Alves; MARTINS, Maria Paulete Pereira; CUARTAS, Luz Adriana; PENTEADO, Vinicius Alves; ANDRADE, Alexandra. Estudo da qualidade e quantidade da água em microbacia, afluente do rio Paraíba do Sul – São Paulo, após ações de preservação ambiental. **Revista Ambiente e Água**, v. 7, n. 3, v. 7, p. 228-240, 2012.

ALVES, Igor Charles Castor; EI-ROBRINI, Maâmar; SANTOS, Maria de Lourdes Souza; MONTEIRO, Sury de Moura; BARBOSA, Leandro Patrick Ferreira; GUIMARÃES, José Tasso Felix. Qualidade das águas superficiais e avaliação do estado trófico do Rio Arari (Ilha de Marajó, norte do Brasil). **Acta Amazonica**, v. 42, n. 1, p. 115-124, mar. 2012.

ANDRADE, E. D., ARAÚJO, L. D. F., ROSA, M. D. F., DISNEY, W., ALVES, A. B. Seleção dos indicadores da qualidade das águas superficiais pelo emprego da análise multivariada Surfacewaterqualityindicators in low Acaraú basin, Ceará, Brazil, using multivariable analysis. **Engenharia agrícola**, v. 27, n. 3, p. 683-690, 2007.

ANDREOLI, R. V.; OLIVEIRA, S. S. de; KAYANO, M. T., VIEGAS, J.; SOUZA, R. A. F. de; CANDIDO, L. A. The influence of different El Niño types on the South American rainfall. **International Journal of Climatology**, v. 37, n. 3, p. 1374-1390, 2017.

ARCOVA, Francisco Carlos Soriano; CICCIO, V. de. Qualidade da água de microbacias com diferentes usos do solo na região de Cunha, Estado de São Paulo. **Scientia Forestalis**, v. 56, p. 125-134, 1999.

BALBINOT, R., DE OLIVEIRA, N. K., VANZETTO, S. C., PEDROSO, K., & VALÉRIO, Á. F. O papel da floresta no ciclo hidrológico em bacias hidrográficas The forest role in the hydrological cycle at hydrological basins. **Ambiência**, v. 4, n. 1, p. 131-149, 2008.

BRAZ, V. **V-019-Estudo temporal da qualidade da água do rio Guamá. Belém-PA**. Disponível em: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/abes23/V-019.pdf>. Acesso em: 20 maio 2017.

BUENO, L. F.; GALBIATTI, J. A.; BORGES, M. J. **Monitoramento de variáveis de qualidade da água do horto Ouro Verde-Conchal-SP**. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/eagri/v25n3/28070>. Acesso em: 20 maio. 2017.

CARVALHO, Gláucia Lemes; SIQUEIRA, Eduardo Queija de. Qualidade da água do Rio Meia Ponte no perímetro urbano do município de Goiânia-Goiás. **REEC-Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 2, n. 1, 2010. DOI: <https://doi.org/10.5216/reec.v2i1.12293>.

COMPANHIA ESTADUAL TÉCNICA DE SANEAMENTO BÁSICO E DEFESA DO MEIO AMBIENTE (CETESB). **Variáveis de qualidade das águas**. 2006. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br>. Acesso: 08.06.2017.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). Resolução nº357 de 17 de março de 2005. 2006. Disponível em <http://www.mma.gov.br/conama>. Acesso em: 08.06.2017.

CUNHA, Hillândia Brandão da; PASCOALOTO, Domitila. Hidroquímica dos rios da Amazônia. **Centro cultural dos povos da Amazônia. Manaus: 2006.**

EATON, AD; BAIRD, RB; CLESCERI, LS. Standard methods for the examination of water and wastewater. **American publichealthassociation**, v. 21, p. 1600, 2005.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. 2.ed. Rio de Janeiro: Interciência/FINEP, 1998. 602 p.

FIGUEIREDO, C. C. **Propriedades físico-químicas da água com preparados homeopáticos**. 2009. 69 f. 2009. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

FIGUEROA, Silvio N.; NOBRE, Carlos A. Precipitation distribution over central and western tropical South America. **Climanalse**, v. 5, n. 6, p. 36-45, 1990.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. The outlook for 2050 is encouraging, globally, but much work is needed to achieve sustainable water use and ensure food security for all. Rome, 2015. p. 76.

GALVÃO MIRANDA, R.; PEREIRA, S. D. F. P.; ALVES, D. T. V.; OLIVEIRA, G. R. F. Qualidade dos recursos hídricos da Amazônia-Rio Tapajós: avaliação de caso em relação aos elementos químicos e parâmetros físico-químicos. **Ambiente&Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 4, n. 2, p. 75-92, 2009.

GOMES, L. H. **Alterações de propriedades físico químicas da água tratada com preparados homeopáticos de carbonato de cálcio**. 2009. 58 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

GRIMM, Alice M.; AMBRIZZI, Tercio. Teleconnections into South America from the tropics and extratropics on interannual and intraseasonal timescales. In: **Past Climate Variability in South America and Surrounding Regions**. Springer, Dordrecht, 2009. p. 159-191.

GUEDES, H. A., DA SILVA, D. D., ELESBON, A. A., RIBEIRO, C., DE MATOS, A. T., & SOARES, J. H. Aplicação da análise estatística multivariada no estudo da qualidade da água do Rio Pomba, MG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi**, v. 16, n. 5, 2012.

HADLICH, G. M. e SCHEIBE, L.F. Dinâmica físico-química de águas superficiais em região de intensa criação de suínos: exemplo da bacia hidrográfica do rio Coruja – Bonito, município de Braço do Norte, SC. **Geochimica Brasiliensis**, v. 21, n.3, p. 245 – 260, 2007.

HAIR, J.J.F.; ANDERSON, R.E.; TATHAM, R.L.; BLACK, W.C. **Análise multivariada de dados**.5.ed. Porto Alegre: Bookman, 2005. 593 p

HORBE, A. M. C., PASCOALOTO, D., SANTOS, H. M. D. C., PINTO, A. G. N., MIRANDA, S. A. F., & DA SILVA, M. D. S. R.Efeitos da ação antrópica sobre a hidrogeoquímica do rio Negro na orla de Manaus/AM. **Acta Amazonica**, v. 39, n.3, p. 627 – 638, 2009.

LIAO, Shao-Wei *et al.* Identification of pollution of Tapeng Lagoon from neighbouring rivers using multivariate statistical method. **Journal of Environmental Management**, v. 88, n. 2, p. 286-292, 2008.

LIBÂNIO, P. A. C.; CHERNICHARO, C. A. de L.; NASCIMENTO, N. de O. The water quality dimension: an evaluation of the relationship between social, water availability, water services and public health indicators. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 10, n. 3, p. 219-228, 2005.

LIMA, E. B. N. **Modelação integrada para gestão da qualidade da água na bacia do rio Cuiabá**. Rio de Janeiro, 2001.

MARENGO, Jose A. On the hydrological cycle of the Amazon Basin: A historical review and current state-of-the-art. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 21, n. 3, p. 1-19, 2006.

MONTEIRO, M. D. R., MELO, N. F. A. C. D., ALVES, M. A. M. D. S., PAIVA, R. S. Composição e distribuição do microfitoplâncton do rio Guamá no trecho entre Belém e São Miguel do Guamá, Pará, Brasil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi Ciências Naturais**, v. 4, n. 3, p. 341-351, 2009.

MORAES, B. C., COSTA, J. M. N., COSTA, A. C. L., & Costa, M. H. Variação espacial e temporal da precipitação no estado do Pará. **Acta Amazonica**, v. 35, p. 207-217, 2005.

MOTA, Galdino V.; SOUZA, Everaldo B. de; LOPES, Marcio N.G.; ROCHA, Edson J.P. da; SOUZA, J. Ricardo S. de; CUNHA, Alan C. da; SILVA, Renato R. da; FERREIRA, Douglas B.S.; SANTOS, Daniel M.; CARMO, Alexandre M.C. do; SOUSA, J. Raimundo A. de; GUIMARÃES, Paulo L; MOTA M. Aurora S. da; MAKINO, Midori; SENNA, Renato C; SOUSA, Adriano M.L.; KUHN, Paulo A.F.; SOUZA, Paulo F. de S.; VITORINO, M. Isabel. Precipitação sazonal sobre a Amazônia oriental no período chuvoso: observações e simulações regionais com o RegCM3. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.24, n.2, p.111-124, 2009.

MOURA, Maurício do Nascimento; VITORINO, Maria Isabel; ADAMI, Marcos. Análise de componentes principais da precipitação pluvial associada à

produtividade de soja na Amazônia legal. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 22, p. 574-588, Jan./Jun. 2018.

NELSON, David L.; COX, Michael M. **Lehninger. princípios de bioquímica**. São Paulo: Sarvier, 2002. v. 3.

OLIVEIRA, G. R. F. *et al.* Análise de parâmetros físico-químicos da água do Rio Guamá (PA). *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA*, 47., 2007, Natal-RN. **Anais** Natal, RN: Cbq, 2007. Disponível em: <http://www.abq.org.br/cbq/2007/trabalhos/4/4-370-466.htm>. Acesso em: 27.08.2018.

PEREIRA, H. P.; REBOITA, Michelle Simões; AMBRIZZI, Tércio. Características da Atmosfera na Primavera Austral Durante o El Niño de 2015/2016. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 32, p. 293-310, 2017.

PETERS, Norman E.; MEYBECK, Michel. Water quality degradation effects on freshwater availability: impacts of human activities. **WaterInternational**, v. 25, n. 2, p. 185-193, 2000.

PINTO, A. Luiz. **Saneamento básico e qualidade das águas subterrâneas**. Campo Grande: UFMG, 2003. p.11-55.

PIRATOBA, A. R. A., RIBEIRO, H. M. C., MORALES, G. P., GONÇALVES, W. Caracterização de parâmetros de qualidade da água na área portuária de Barcarena, PA, Brasil. **Ambiente&Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 12, n. 3, p. 435-456, 2017.

QUEIROZ, Manoel Moisés F. de; DANTAS, Edilândia Farias; DA SILVA, Antonio Lopes. Qualidade e quantidade da água do rio piacó, teibutário do rio piranhas açu na região nordeste. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 2, p. 50-58, 2013

REBOUÇAS, Aldo da Cunha; BRAGA, Benedito P. Ferreira; TUNDISI, José Galizia. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Escrituras, 2002.

SÁ FILHO, J.A.R. de. **Avaliação qualitativa das águas no sistema da macrodrenagem da bacia do tabuleiro do Martins-Maceió/AL**. 2010. **00f.** Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento, Universidade Federal de Alagoas, 2010.

SANTOS, M. D. L. S., HOLANDA, P., PEREIRA, I., RODRIGUES, S., PEREIRA, J. A. R., MESQUITA, K. Influência das condições da maré na qualidade de água do rio guamá e baía do Guajará. **Boletim Técnico Científico do Cepnor/Tropical Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 14, n. 1, p. 17-25, 2015.

SILVA, A. E. P., ANGELIS, C. F., MACHADO, L. A. T., WAICHAMAN, A. V. Influência da precipitação na qualidade da água do Rio Purus. **Acta Amazônica**, v. 38, n. 4, p. 733-742, 2008.

SILVA, Dirlene Ferreira da. **Utilização de indicadores biológicos na avaliação da qualidade da água da Baía do Guajará e do Rio Guamá (Belém-Pará)**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, 2006.

SILVA, J. P. **Avaliação da qualidade da Água Superficial utilizada no sistema de abastecimento público do município de Belém (PA)**. 2010. Dissertação de Mestrado. ITEC/UFGA. Belém, PA, Brasil.(Unpublished).

SILVA JUNIOR, R. P., SOUSA, R. A., CARDOSO, T. Z., RODRIGUES, M. T. P., OLIVEIRA CARDOSO, O. Relação entre indicadores sociais e de saúde e a qualidade do ecossistema lótico nos municípios ao longo do curso do rio Poti no estado do Piauí **REMEA-Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, v. 33, n. 2, p. 34-50, 2016.

SOUZA, E.B. de; AMBRIZZI, T. Pentad precipitation climatology over Brazil and the associated atmospheric mechanisms. **Climanálise, January**, 2003.

SOUZA, E.B. de; KAYANO, M. T.; AMBRIZZI, T. The regional precipitation over the eastern Amazon/northeast Brazil modulated by tropical Pacific and Atlantic SST anomalies on weekly timescale. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 19, n. 2, p. 113-122, 2004.

SOUZA, E. B. de; ROCHA, E. J. P. Diurnal variations of rainfall in Bragança-PA (eastern Amazon) during rainy season: mean characteristics and extreme events. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 21, n. 3, p. 142-152, 2006.

SOUZA, Saulo Bruno Silveira e; CLEMENTINO FERREIRA, Nilson; MARTINS FORMIGA, Klebber Teodomiro. Estatística espacial para avaliar a relação entre saneamento básico, IDH e remanescente de cobertura vegetal no estado de Goiás, Brasil. **Ambiente&Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 11, n. 3, 2016.

TEIXEIRA, Júlio César; GOMES, Maria Helena Rodrigues; SOUZA, Janaina Azevedo de. Associação entre cobertura por serviços de saneamento e indicadores epidemiológicos nos países da América Latina: estudo com dados secundários. **Revista Panamericana de Salud Pública**, v. 32, p. 419-425, 2012.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. **Limnologia**. São Paulo. Oficina de Textos, 2008.

TUNDISI, José Galizia. Ciclo hidrológico e gerenciamento integrado. **Ciência e Cultura**, v. 55, n. 4, p. 31-33, 2003.

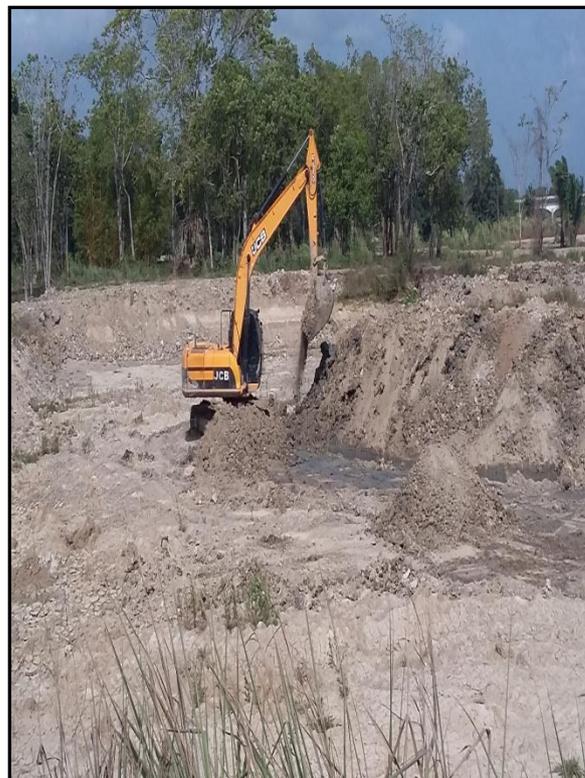
VASCONCELOS, Vanilda de Magalhães Martins; SOUZA, Claudinei Fonseca. Caracterização dos parâmetros de qualidade da água do manancial Utinga, Belém, PA, Brasil/Characterization of water quality parameters of the reservoir Utinga, Belém, PA, Brazil. **Revista Ambiente & Água**, v. 6, n. 2, p. 305, 2011.

VON SPERLING, Marcos. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios**. DESA/UFMG, 2007.

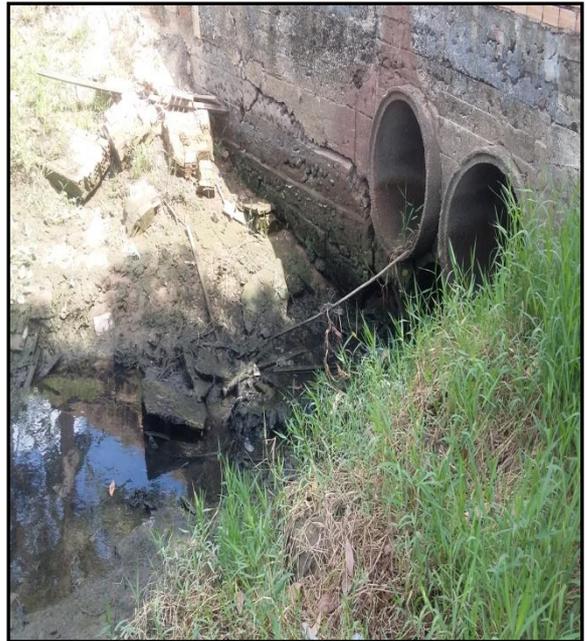
ZHANG, Z.; TAO, F.; DU, J.; SHI, P.; YU, D.; MENG, Y. *et al.* Surface water quality and its control in a river with intensive human impacts—a case study of the Xiangjiang River, China. **Journal of Environmental Management**, v. 91, p. 2483–2490, 2010.

## APÊNDICE A- ATIVIDADES ANTRÓPICAS NO ENTORNO DO RIO GUAMÁ

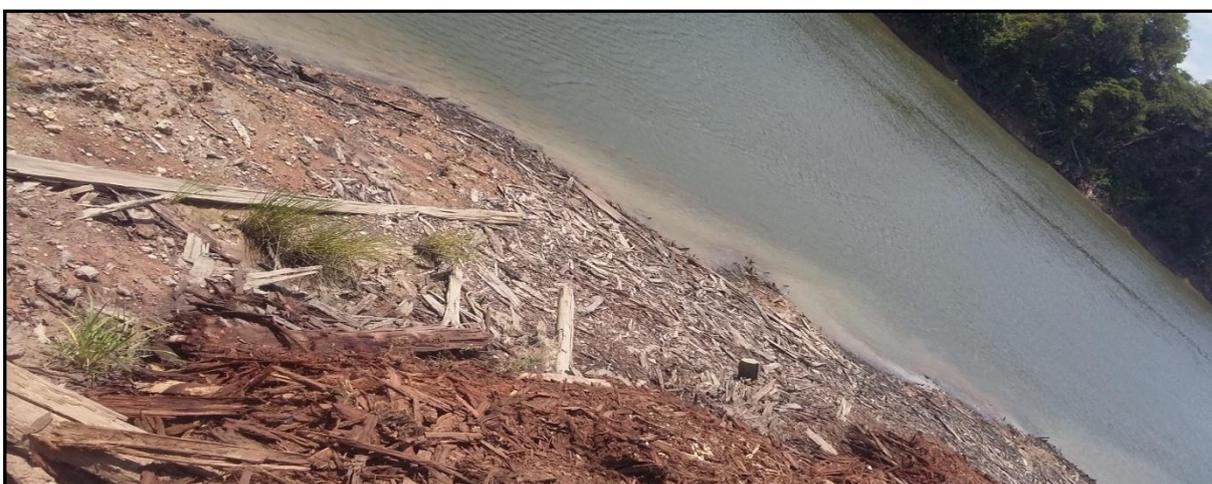
Ponto A (Montante do Rio): Indústria de Cerâmica Vermelha.



Ponto B (Centro do Rio): Efluentes de esgotamento sanitário.



Ponto C (Jusante do Rio): Atividade Madeireira.



Entre os pontos A (montante) e B (Centro): Atividade Portuária



Entre os pontos B (centro) e C (jusante): Banho e recreação

