Universidade Federal do Sul da Bahia - UFSB
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia - IFBA
Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologias Ambientais - PPGCTA

Elissandro Santos Rocha

QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO ITANHÉM ENTRE OS MUNICÍPIOS DE MEDEIROS NETO E TEIXEIRA DE FREITAS, BAHIA.

Orientadora: Profa Dra. Luanna Chácara Pires
Coorientadores: Prof. Dr. João Batista Lopes da Silva
Prof. Dr. Allison Gonçalves Silva

PORTO SEGURO - BA
FEVEREIRO –2019

Elissandro Santos Rocha

QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO ITANHÉM ENTRE OS MUNICÍPIOS DE MEDEIROS NETO E TEIXEIRA DE FREITAS, BAHIA.

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Sul da Bahia e Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Ciências e Tecnologias Ambientais para obtenção do Título de Mestre em Ciências e Tecnologias Ambientais.

Orientadora: Profa. Dra. Luanna Chácara Pires

Coorientador: Prof. Dr. João Batista Lopes da Silva

Coorientador: Prof. Dr. Allison Gonçalves Silva

PORTO SEGURO - BA

FEVEREIRO –2020

Dados internacionais de catalogação na publicação (CIP)
Universidade Federal do Sul da Bahia - Sistema de Bibliotecas

R672q Rocha, Elissandro Santos, 1984 -
Qualidade da água do Rio Itanhém entre os municípios de Medeiros Neto e Teixeira de Freitas, Bahia: diagnóstico da qualidade da água do Rio Itanhém entre os municípios de Medeiros Neto e Teixeira de Freitas, Bahia. / Elissandro Santos Rocha. – Porto Seguro, 2020.
59 f.

Orientadora: Luanna Chácara Pires
Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Sul da Bahia. Campus Sosígenes Costa. Programa de Pós-graduação em Ciências e Tecnologias Ambientais.

1. Monitoramento. 2. Parâmetros Físico-Químicos. 3. Poluição. 4. Recursos Hídricos. I. Pires, Luanna Chácara. II. Título.

CDD: 551.48

Elaborado por Lucas Sousa Carvalho - CRB-5/1883

QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO ITANHÉM ENTRE OS MUNICÍPIOS DE MEDEIROS NETO E TEIXEIRA DE FREITAS, BAHIA.

Comissão Julgadora

_____

Prof.ª Dr.ª Joanna Maria da Cunha de Oliveira Santos Neves

Universidade Federal do Sul da Bahia – *Campus* Paulo Freire

_____

Prof. Dr. Marcus Luciano Souza de Ferreira Bandeira

Instituto Federal da Bahia – *Campus*Porto Seguro

_____

Prof. Dr. Jorge Luiz Fortuna

Universidade do Estado da Bahia – *Campus* X

Aprovada em: 05/02/2020

Local da Defesa: Porto Seguro - BA

Dedico este trabalho a todos aqueles que contribuíram com sua realização.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Sul da Bahia– UFSB, em especial aos *campi* Paulo Freire e Sosígenes Costa, ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia – IFBA, *campus* Porto Seguro, e ao Programa de Pós-Graduação em Ciências e Tecnologias Ambientais – PPGCTA, pela oportunidade.

À Universidade do Estado da Bahia, *campus* X, em especial ao professor Jorge Fortuna, por ceder o laboratório para realização das análises microbiológicas.

À orientadora, Luanna Chácara Pires pela disponibilidade, paciência e tempo dispensado desde o início dos trabalhos.

Aos coorientadores, Allison Gonçalves e João Batista, pela disponibilidade.

Às monitoras, Ingrid, Gabriela e Giovanna, pela dedicação e disponibilidade de sempre.

Aos colegas do PPGCTA, em especial a Adriana, Reinaldo e Raquel, que sempre que solicitados se prontificaram nas leituras laboratoriais e aos companheiros de estrada, Kariny Paiva, Nereide Lisboa, Pedro e Priscila Félix, que transformavam momentos cansativos em horas de gargalhadas.

Aos colegas de setor da UFSB, pela compreensão e paciência, em especial a Ivonete Susmickat pelas contribuições.

À minha família, em especial Anna Raíssa, pela compreensão nas ausências e carinho de sempre.

A Deus, por tudo.

SUMÁRIO

RESUMO GERAL 8
ABSTRACT 9
LISTA DE TABELAS 10
INTRODUÇÃO GERAL 12
REFERÊNCIAS 15
INTRODUÇÃO 19
MATERIAL E MÉTODOS 19
Área de Estudo 19
Medição dos Parâmetros 21
Uso e ocupação do Solo 21
Análise dos dados 22
RESULTADOS E DISCUSSÃO 23
Variáveis físicas, químicas e microbiológicas 24
CONCLUSÕES 30
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 30
CAPÍTULO 2 32
RESUMO 32
INTRODUÇÃO 33
MATERIAL E MÉTODOS 36
Área de estudo 36
Medição dos Parâmetros 37
Uso e ocupação do Solo 39
RESULTADOS E DISCUSSÃO 40
CONCLUSÕES 51
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 52
CONCLUSÃO GERAL 55
REFERÊNCIAS DA CONCLUSÃO GERAL 56
MATERIAL SUPLEMENTAR 57

QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO ITANHÉM ENTRE OS MUNICÍPIOS DE MEDEIROS NETO E TEIXEIRA DE FREITAS, BAHIA.

RESUMO GERAL

A bacia do rio Itanhém no Extremo Sul da Bahia é responsável pelo abastecimento de água nos municípios de Medeiros Neto e Teixeira de Freitas e recebe diariamente inúmeras cargas de efluentes domésticos e industriais, que comprometem a qualidade de suas águas. Nesse contexto, objetivou-se avaliar a qualidade da água e identificar os grupos de poluição ou contaminação presentes do rio Itanhém com base nos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos, nos trechos entre os municípios de Teixeira de Freitas e Medeiros Neto, no período de agosto de 2018 a julho de 2019, e comparar os resultados com a resolução CONAMA 357/2005. Foram realizadas 12 coletas, em oito pontos localizados dentro dos perímetros urbanos e fora desses núcleos, no intuito de verificar o nível de interferência da localização. Os dados dos parâmetros Oxigênio Dissolvido (OD), potencial hidrogeniônico (pH), potencial de oxi-redução (ORP), salinidade (PSU), condutividade elétrica (CM), sólidos totais dissolvidos (TDS) e temperatura (TEMP) foram obtidos por meio da sonda multiparamétrica HI 9829 HANNA Instrumentos®, com leituras realizadas, *in loco*. Somando-se aos parâmetros citados, foram realizadas análises em laboratório para a obtenção da Amônia, Nitrito e Nitrato, DBO e Coliformes Termotolerantes. Todos os parâmetros analisados foram utilizados para medir a qualidade da água do rio em destaque, tanto nos pontos mais próximos a aglomerações urbanas, nos quais foram constatados lançamentos de efluentes com cargas elevadas de matéria orgânica, que comprometem a qualidade da água, quanto nos mais distantes das zonas urbanas, os quais, por conseguinte, estão mais afastados dos pontos de despejo de efluentes. Com o objetivo de avaliar os impactos gerados por atividades econômicas desenvolvidas no entorno do rio, realizou- se também um estudo, por meio do ArcGis®, para verificar as culturas desenvolvidas dentro da bacia hidrográfica em estudo. Tal procedimento foi realizado a fim de obter dados comparativos entre pontos próximos aos lançamentos de efluentes e outros mais distantes destes. Os dados foram analisados por meio da estatística descritiva, teste de *Shapiro-Wilks*, teste não-paramétrico de *Kruskal-Wallis*, análise de variância, teste *Tukey*(paramétrico) ou *Wilcoxon* (não-paramétrico). Também foi realizada a análise de correlação de *Pearson* (paramétrica) ou *Spearman* (não-paramétrica). Todas as análises foram realizadas ao nível de 5% de probabilidade ($P<0,05$). Realizou-se análise de componentes principais, a fim de reduzir a dimensionalidade dos dados e gerar um índice com os parâmetros estudados. Observou-se que, nos pontos mais próximos a aglomerados urbanos, a água pode ser considerada ruim, ao apresentar diferentes parâmetros em desconformidade com a resolução CONAMA 357/2005, e, à medida que os pontos de coletas foram se afastando das cidades, a qualidade da água apresentou valores, para os mesmos parâmetros, dentro do recomendado pela referida resolução, o que indica a ocorrência do fenômeno da autodepuração no rio Itanhém. A ocorrência desse fenômeno não exclui os cuidados demandados por esse curso d'água, de modo que se busque monitorar e reduzir o lançamento direto de efluentes não tratados, na sede de Medeiros Neto e no seu distrito, Nova Lídice, e tratados, próximo à cidade de Teixeira de Freitas, além de diversas atividades agrícolas e pecuárias desenvolvidas na bacia do rio, que tem como fator agravante a ausência de mata ciliar em diversos pontos.

Palavras-chave: contaminação; efluentes; poluição; recursos hídricos

ITANHÉM RIVER WATER QUALITY BETWEEN MUNICIPALITYS OF MEDEIROS NETO AND TEIXEIRA DE FREITAS, BAHIA.

ABSTRACT

The Itanhém river basin in the far south of Bahia is responsible for water supply in the counties of Medeiros Neto and Teixeira de Freitas and receives daily loads of domestic and industrial effluents, which compromise the quality of its waters. In this context, the objective of this study was to evaluate the water quality and identify the pollution or contamination groups present in the Itanhém River based on the physical, chemical and microbiological parameters, in the river stretches between Teixeira de Freitas and Medeiros Neto, from August of 2018 to July of 2019, and compare with the parameters set by the CONAMA resolution 357/2005. Twelve collects were performed at eight different points located within the urban perimeters and outside these nuclei, in order to verify the interference level in each location. The data on Dissolved Oxygen (DO), hydrogen potential (pH), oxi-reduction potential (ORP), salinity (PSU), electrical conductivity (CM), total dissolved solids (TDS), and temperature (TEMP) were obtained. HI 9829 HANNA Instruments® multiparameter probe with readings taken on the spot. In addition to these parameters, laboratory analyzes were performed to obtain Ammonia, Nitrite and Nitrate, BOD and Thermotolerant Coliforms. All analyzed parameters were used to measure the water quality of the Itanhem river, both at the points closest to urban agglomerations, where effluent discharges with high loads of organic matter were found, which compromise the water quality, as well as in the most distant areas, which are therefore further from the effluent discharge points. In order to assess the impacts generated by economic activities developed around the river, a study was also carried out through ArcGis®, to verify the crops developed within the river basin under study. This procedure was performed in order to obtain comparative data between points near the effluent discharges and others more distant from them. The data were analyzed using descriptive statistics, Shapiro-Wilks test, Kruskal-Wallis nonparametric test, analysis of variance, Tukey test (parametric) or Wilcoxon test (nonparametric). Pearson correlation analysis (parametric) or Spearman correlation (nonparametric) was also performed. All analyzes were performed at the 5% probability level ($P < 0.05$). Principal component analysis was performed in order to reduce the dimensionality of the data and generate an index with the studied parameters. It was observed that, at the points closest to urban agglomerations, water could be considered bad, as it presents different parameters that do not comply with CONAMA Resolution 357/2005, and as the collection points moved away from cities, water quality presented values, for the same parameters, within the recommended by the referred resolution, which indicates the occurrence of the self-purification phenomenon in the Itanhém river. The occurrence of this phenomenon does not exclude the care required by this watercourse, so it is still necessary to monitor and reduce the direct discharge of untreated effluents, at Medeiros Neto and at its district Nova Lídice as well, and near the city of Teixeira de Freitas, besides several agricultural and livestock activities developed in the river basin, which has as an aggravating factor the absence of riparian forests in several points of the river stretch.

Keywords: effluent contamination; pollution; water resources

LISTA DE TABELAS

Capítulo 1

Tabela 1.Localização e descrição dos pontos de coleta estudados no rio Itanhém entre Medeiros Neto e Teixeira de Freitas-BA..... 20

Tabela 2. Tabela 2. Valores estabelecidos pela resolução CONAMA 357/2005 22

Tabela 3. MédiamensaldeprecipitaçãoetotalmédioprecipitadoanualnosmunicípiosdeTeixeirade Freitas e Medeiros Neto-BA..... 24

Tabela 4. Valores médios em períodos secos e chuvosos dos parâmetros analisados nas 12 campanhas nos oito pontos de coletas estudados no rio Itanhém entre Medeiros Neto e Teixeira de Freitas-BA 25

Tabela 5. Média, valor máximo (Máx), valor mínimo (Mín), Mediana (Md), coeficiente de variação (CV), desvio padrão (DP), erro padrão da média (EP) e o teste de Kruskal-Wallis (KW) dos parâmetros analisados nas 12 campanhas nos oito pontos de coletas estudados no rio Itanhém entre Medeiros Neto e Teixeira de Freitas-BA 25

Tabela 6. Médias seguida do erros-padrões da média dos parâmetros analisados nas 12 campanhas nos oito pontos de coleta (em negrito estão os valores fora do estabelecido pela Resolução CONAMA 357/ 2005 para rios de classe 2)..... 26

Tabela 7. Principais tipos de uso e ocupação do solo por sub-bacia do rio Itanhém, no Extremo Sul da Bahia. 29

Tabela 8, Áreas, em km^2, de uso e ocupação do solo no ano de 2018 nas sub-bacias a montante do ponto de coleta entre M. Neto e Teixeira de Freitas - BA..... 29

Capítulo 2

Tabela 1, Localização e descrição dos pontos de coleta estudados no rio Itanhém entre Medeiros Neto e Teixeira de Freitas-BA..... 36

Tabela 2. Médias e desvios padrões dos tipos de ocupação do solo, parâmetros físicos, químicos e biológicos dos oitos pontos amostrados no rio Itanhém..... 41

Tabela 3. Componentes Principais (CP), autovalores (λi) e porcentagem da variância explicada pelos componentes (%VCP) dos tipos de ocupação do solo, parâmetros físicos, químicos e biológicos dos oitos pontos avaliados no rio Itanhém..... 42

Tabela 4 Correlação de Spearman: variáveis avaliadas x componentes principais 1, 2 e 3..44

Tabela 5. Coeficientes de correlação de Spearman dos parâmetros físicos, químicos e biológicos dos oitos pontos avaliados no rio Itanhém em função dos Componentes Principais 1 (CP1) e 2 (CP2)..... 48

Tabela 6, Coeficientes de correlação de Spearman dos parâmetros físicos, químicos e biológicos dos oitos pontos avaliados no rio Itanhém 48

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 1

Figura 1. Identificação dos pontos de coleta e amostragem (P1 a P8) do rio Itanhém entre as cidades de Medeiros Neto e Teixeira de Freitas - BA. 20

Figura 2. Área de contribuição de cada um dos oitos pontos da bacia hidrográfica do rio Itanhém. 22

Capítulo 2

Figura 1, Identificação dos pontos de coleta e amostragem (P1 a P8) do rio Itanhém entre as cidades de Medeiros Neto e Teixeira de Freitas. 37

Figura 2, Área de contribuição da bacia hidrográfica do rio Itanhém por pontos de coleta. .. 39

Figura 3. Gráficos da relação dos autovalores com os componentes principais e da variação explicada pelos componentes principais dos tipos de ocupação do solo, parâmetros físicos, químicos e biológicos dos oitos pontos avaliados no rio Itanhém..... 43

Figura 4, Dispersão gráfica dos escores dos oito pontos amostrados no rio Itanhém, em relação aos componentes principais (CP) 1 e 2. Em que os números representam os respectivos pontos amostrados no rio Itanhém..... 44

Figura 4.1, Dispersão gráfica dos escores dos oito pontos amostrados no rio Itanhém, em relação aos componentes principais (CP) 2 e 3. Em que os números representam os respectivos pontos amostrados no rio Itanhém..... 45

Figura 4.2, Dispersão gráfica dos escores dos oito pontos amostrados no rio Itanhém, em relação aos componentes principais (CP) 3 e 1. Em que os números representam os respectivos pontos amostrados no rio Itanhém..... 46

Figura 5. Análise de componente principal (ACP) dos parâmetros de qualidade da água nos oito pontos amostrados no rio Itanhém nos dois períodos estudados. 47

INTRODUÇÃO GERAL

O reconhecimento de que a água não é um bem ilimitado e o entendimento de que os recursos hídricos podem ser afetados por níveis de contaminação inviabilizadores do consumo humano não são, muitas vezes, claramente assimilados por parte da população brasileira. A ideia de que existe água em abundância para todos, reforçada pela convivência próxima de muitas populações com grandes corpos d'água, dificulta a compreensão da problemática da água no mundo, envolvendo altos índices de poluição, escassez que afeta parte da população mundial, dentre outras questões, e indica a necessidade de conservação desse recurso, de modo que ele não se torne indisponível.

No rio Itanhém, entre Medeiros Neto-BA e Teixeira de Freitas-BA, a deterioração de suas águas vem ocorrendo devido ao desmatamento em suas margens, para produção de eucalipto e pastagens, e ao despejo de esgotos domésticos, industriais e agrícolas provenientes destes municípios, comprometendo a qualidade da água do rio e a saúde de seres vivos que dependem dessa água como fonte de sobrevivência (CUNHA *et al.*, 2010). Empresas públicas e privadas despejam seus dejetos no mesmo rio que abastece milhares de pessoas, em diversas cidades brasileiras, ignorando os prejuízos que esses lançamentos trazem aos corpos d'água e à população, a exemplo da cidade de Teixeira de Freitas, que de acordo com a planilha de outorgas extraída do sítio eletrônico da Agência Nacional de Águas (ANA, 2019), tem a zona de captação de água que abastece a cidade localizada a aproximadamente 0,96 km do ponto de lançamento de dejetos de um matadouro-frigorífico que atua na região. Embora a maioria dos rios seja capaz de retornar às condições ambientais favoráveis, em um processo natural de autodepuração, é de suma importância conhecer a quantidade de carga orgânica que cada rio pode suportar sem que essa prática altere significativamente as suas características, bem como a qualidade de suas águas.

Von Sperling (2014) esclarece que a autodepuração é o restabelecimento do equilíbrio no meio aquático, após as alterações causadas por despejos de efluentes. O ecossistema de um corpo d'água, antes do lançamento de despejos, encontra-se usualmente em um estado de equilíbrio. Após a entrada da fonte de poluição, o equilíbrio ecossistêmico é afetado, o que resulta em uma desorganização inicial, seguida por uma tendência *a posteriori* de reorganização. Portanto, a autodepuração pode ser entendida como um fenômeno de sucessão ecológica, em que o restabelecimento do equilíbrio no meio aquático é feito por mecanismos essencialmente naturais.

No Extremo Sul baiano, a bacia do rio Itanhém é a responsável direta pelo abastecimento de água no município de Teixeira de Freitas e povoado de Nova Lídice, a partir do rio Itanhém, e na sede de Medeiros Neto, pelo rio Água Fria. Segundo dados extraídos do sítio eletrônico da Companhia Energética de Minas – CEMIG (2008), o rio Itanhém, também chamado de Alcobaça, nasce na aldeia dos Machacalis, no município de Bertópolis – MG, e tem a sua foz no município de Alcobaça (BA). Nos cincos municípios cortados pelo rio Itanhém (Tabela 1) há uma população estimada de 227.654 (duzentos e vinte e sete mil seiscentas e cinquenta e quatro) pessoas que dependem do rio de forma direta ou indireta para o desenvolvimento das mais diversas atividades, tais como: domésticas, lazer, uso comercial, irrigação de lavouras, aquicultura, agropecuária, industrial, entre outras.

Tabela 1. Municípios cortados pelo rio Itanhém e suas populações

Municípios cortados pelo rio Itanhém	População estimada em 2017
Bertópolis – MG	4.602
Alcobaça – BA	22.449
Itanhém – BA	19.499
Medeiros Neto – BA	22.659
Teixeira de Freitas – BA	158.445
Total	227.654

Fonte de dados: IBGE (2019). https://cidades.ibge.gov.br/ (acesso em 15/07/2019)

A bacia do rio Itanhém, faz parte do conjunto de bacias dos rios Peruípe, Jucuruçu e Itanhém, e juntas possuem uma área de 16.161 km², possui uma grande área de captação que se estende por uma área de drenagem de aproximadamente 4.708 km² (INEMA, 2019) passando por cinco municípios localizados nos estados de Minas Gerais e Bahia (Tabela 1) onde há uma predominância no desenvolvimento das culturas de cana de açúcar, eucalipto e criação de gado, que demanda abertura de pasto. A disponibilidade de água em quantidade e qualidade adequadas para os diversos usos, atua como fator determinante no processo de desenvolvimento econômico e social de uma comunidade. Em que essa demanda constitui um dos maiores desafios do homem na atualidade, devido à escassez crescente e ao comprometimento da qualidade das águas (PAIVA, 2001).

A dificuldade para se monitorar a qualidade da água de rios brasileiros, geralmente, se deve aos poucos dados disponíveis em sites de órgãos de controle ambiental e da indisponibilidade destes dados oriundos de ambientes virtuais privados. Além disso, existem outros problemas, a exemplo da falta de recursos para fomentar estudos capazes de determinar a qualidade da água em rios e lagos, o que leva a uma seleção restrita de pontos de estudos em alguns mananciais brasileiros. Não obstante a importância do rio Itanhém para a região, são

poucos os estudos sobre a qualidade da água e a capacidade de autodepuração desse curso d'água.

Dentre as pesquisas realizadas, destaca-se o trabalho de Cunha *et al*. (2010), que avaliou a qualidade microbiológica da água do rio Itanhém em Teixeira de Freitas (BA), em três pontos localizados antes, durante e após o perímetro do referido município e constatou que 44,44% das amostras apresentaram contaminação por coliformes termotolerantes, com predominância de contaminação por *Escherichia coli* (72,41%). Ainda que o rio Itanhém não passe dentro da cidade de Teixeira de Freitas, ele recebe efluentes da referida cidade devido à existência de um córrego, o Charqueada, que corta a zona urbana e tem sua foz no rio.

No período da realização da pesquisa citada, a cidade ainda não contava com sistema de tratamento de esgoto e não havia outorgas para lançamentos de efluentes domésticos, mas já havia outorgas de lançamento de resíduos de um matadouro-frigorífico atuante na região, de acordo com a planilha de outorgas disponíveis no site da Agência Nacional de Águas– ANA (ANA, 2019). Os resultados obtidos demonstraram que a qualidade da água do rio foi afetada pelo lançamento de dejetos e resíduos sem qualquer tratamento (CUNHA *et al*., 2010).

A classificação de enquadramento dos corpos d'água, estabelecendo as condições e os padrões de lançamento de efluentes, é obtido pela Resolução nº 357, de 17 de março de 2005 (BRASIL, 2005), do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Nessa resolução são estabelecidas as diretrizes para o estabelecimento das classes de enquadramento a serem utilizadas, levando em consideração a qualidade da água e os usos requeridos. Os padrões de qualidade das águas determinados na Resolução nº. 357/2005 do CONAMA estabelecem limites para cada parâmetro em cada classe. O conjunto de parâmetros de qualidade de água, selecionado para subsidiar a proposta de enquadramento, deverá ser monitorado periodicamente pelo Poder Público. A classificação padronizada dos corpos de água possibilita que se fixe metas para atingir níveis de indicadores consistentes com a classificação desejada.

Desta forma, o presente trabalho teve o objetivo de diagnosticar a qualidade da água do rio Itanhém, no trecho entre Medeiros Neto e Teixeira de Freitas por meio do monitoramento de parâmetros físico-químicos e biológicos, comparando-os com os atribuídos pela Resolução nº. 357/2005 do CONAMA.

REFERÊNCIAS

ANA – Agência Nacional de Águas. Disponível em: https://www.ana.gov.br/gestao-da-agua/outorga-e-fiscalizacao/principais-servicos/outorgas-emitidas/outorgas-emitidas. Acesso em: julho. 2019.

BICUDO, C. E. de M.; TUNDISI, J. G.; SCHEUENSTUHL, M. C. B. **Águas do Brasil. Análises Estratégicas.** [s.l: s.n.] disponível em: http://www.abc.org.br/IMG/pdf/doc-6820.pdf, acesso em 15/07/2019

BRASIL. RESOLUÇÃO CONAMA N 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acessado em: 01 de maio de 2018.

CUNHA, A. H.; TARTLER, N.; SANTOS, R. B.; FORTUNA, J.L. Análise microbiológica da água do rio Itanhém em Teixeira de Freitas-. **Revista Biociências**, v. 16, n. 2, p. 86–93, 2010.

HOLANDA, V. P. D.; SOARES, T. R.; VERAS, R. S.; ALENCAR, I. F. O.; SALES, R. J. de M. Análise do déficit e da concentração de oxigênio dissolvido no rio Piranhas-Açu, sujeito a lançamento de efluentes, mediante a utilização do modelo de Streeter-Phelps simplificado. **Revista Tecnologia,** v.38, n.1, p.55–66, 2017.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em:https://cidades.ibge.gov.br/. Acesso em 12 de julho de 2019.

INEMA (Instituto do Meio Ambiente e Recurso Hídricos). Disponível em: http://www.inema.ba.gov.br/gestao-2/comites-de-bacias/comites/cbh-peruipe-itanhem-e-jucurucu/.Acessoem 18/09/2019.

OLIVEIRA, D.G.; VARGAS, R.R.; SAAD, A.R.; ARRUDA, R.O.M.; DALMAS, F.B.; AZEVEDO, F.D. Land use and its impacts on the water quality of the CachoeirinhaInvernada Watershed, Guarulhos (SP). **Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary JournalofApplied Science**, v. 13, n. 1, e2131, 2018. DOI: http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.2131.

SALLA, M. R.; PEREIRA, C. E.; EDUARDO, J.; FILHO, A.; MAGNAVACA DE PAULA, L.; PINHEIRO, A. M. Estudo da autodepuração do rio Jordão, localizado na bacia hidrográfica do rio Dourados. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.18 n.2, p.105–114, 2013.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2014. 470 p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias; v.1). ISBN 9788542300536.

CAPÍTULO 1

Este capítulo está formatado segundo as normas da Revista Brasileira de Geografia Física qual foi submetido.

Disponível no site: https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/

DIAGNÓSTICO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO ITANHÉM ENTRE OS MUNICÍPIOS DE MEDEIROS NETO E TEIXEIRA DE FREITAS, BAHIA

RESUMO:

A bacia do rio Itanhém é responsável pelo abastecimento de água dos municípios de Medeiros Neto e Teixeira de Freitas no Extremo Sul baiano, e recebe inúmeras cargas de efluentes domésticos e industriais, que comprometem a qualidade de suas águas. Portanto, objetivou-se neste trabalho avaliar a qualidade da água, identificar os grupos de poluição ou contaminação além de evidenciar possíveis impactos causados pelo uso e ocupação do solo no trecho do rio Itanhém entre Medeiros Neto e Teixeira de Freitas. Foram realizadas 12 coletas mensais entre 08/2018 e 07/2019, em oito pontos do rio para avaliar a qualidade da água em pontos próximos a aglomerações urbanas, com lançamentos de efluentes com carga orgânica, que contribuem para a deterioração da qualidade da água, e em pontos distantes das zonas urbanas, afastados dos despejos de efluentes. Foi utilizando uma sonda multiparamétrica HI9829 HANNA® para leituras realizadas in loco, para valores de potencial de oxirredução, OD (oxigênio dissolvido), pH, salinidade, temperatura, condutividade e STD (sólidos totais dissolvidos). Também foram obtidos em laboratório os parâmetros: Amônia, Nitrito, Nitrato, DBO e CT (coliformes termotolerantes). Com dados de uso e ocupação do solo, cedidos pelo Fórum Florestal do Extremo Sul da Bahia, foi possível verificar as atividades desenvolvidas dentro da bacia hidrográfica e os impactos gerados por estas. Verificou-se que, nos pontos mais próximos aos lançamentos de efluentes, a qualidade da água apresentou-se em desconformidade com a resolução CONAMA 357/2005 para os indicadores CT, OD e a DBO, com valores médios para CT (dispostos em log) **4,46**, **3,35**, **3,19** e **3,43** respectivamente pra os pontos P2, p5, P7 e P8, enquanto nos pontos mais afastados dos despejos, esses mesmos indicadores se enquadraram na referida resolução ou aproximaram dos valores aceitáveis para corpos de água de classe 2, indicando a capacidade autodepurativa do rio Itanhém.

Palavras-chave: monitoramento; parâmetros físico-químicos; poluição; recursos hídricos

WATER QUALITY DIAGNOSIS OF THE ITANHÉM RIVER WATER BETWEEN MUNICIPALITIES OF MEDEIROS NETO AND TEIXEIRA DE FREITAS, BRAZIL

ABSTRACT:

The Itanhém river basin is responsible for the water supply of the municipalities of Medeiros Neto and Teixeira de Freitas in the far south of Bahia, Brazil and receives numerous loads of domestic and industrial effluents, which compromise the quality of its waters. Therefore, the aim's work was to evaluate water quality, identify the groups of pollution or contamination and show possible impacts caused by land use and occupation on the Itanhém River stretch between Medeiros Neto and Teixeira de Freitas. Twelve monthly collections were carried out between 2018/08 to 2019/07, in eight points of the river to evaluate the water quality in points near urban agglomerations, with discharges of effluents with organic load, which contribute to the deterioration of water quality, and at points distant from urban areas, away from effluent discharges. A HI9829 HANNA® multiparameter probe was used for on-site readings for oxireduction potential, DO (dissolved oxygen), pH, salinity, temperature, conductivity and TDS (total dissolved solids). The following parameters were also obtained in the laboratory: Ammonia, Nitrite, Nitrate, BOD (Biochemical Oxygen Dynamics) and TC (thermotolerant coliforms). With data on land use and occupation, from the Far South Bahia Forest Forum, it was possible to verify the activities developed within the watershed and the impacts generated by them. It was found that, at the points closest to the discharge of effluents, the water quality was not in compliance with CONAMA resolution 357/2005 for the CT, OD and DBO indicators, with average values for CT (arranged in log) 4.46, 3.35, 3.19 and 3.43 respectively for points P2, p5, P7 and P8, while at the most distant points of the discharges, The same indicators fit the resolution or approached the acceptable values for class 2 water bodies (CONAMA 357/2005), indicating the self-purifying capacity of the Itanhém river.

Keywords: effluent contamination; hydrographic basin;water; water resources

INTRODUÇÃO

A água, nos termos do artigo 1º, inciso I, da Lei 9.433/97, é considerada um bem de domínio público. Por sua vez, o artigo 2º do referido diploma legal dispõe que entre os objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos está o de "assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos" (Brasil, 1997). Assim, o estabelecimento de padrões de sua qualidade configura-se como medida de extrema importância, uma vez que esse recurso é indispensável para a manutenção da vida.

Uma das principais preocupações durante a realização de um trabalho que envolva qualidade da água em rios é justamente a área de contribuição de uma bacia, pois segundo Tucci (1997), uma bacia hidrográfica é uma área de captação natural da água, de precipitação que faz convergir o escoamento para um único ponto de saída. Levando para os rios, durante os períodos chuvosos, todos os resíduos que estiverem disponíveis no solo, podendo alguns deles causar algum tipo de impacto no corpo d'água receptor, pois no entorno da bacia é possível constatar diversas atividades econômicas, tais como monoculturas de eucalipto e cana-de-açúcar, além da criação de gado, que requer grandes áreas de pasto.

O Extremo Sul da Bahia é uma região entrecortada por diversos sistemas hídricos. Contudo, essa riqueza das águas contrasta com o relativamente pequeno conhecimento sobre a sua qualidade. O rio Itanhém é o de maior extensão dentre os formadores de bacias do Extremo Sul da Bahia, sua área de drenagem corresponde aproximadamente a 26% dos rios da região. Apesar da considerável representatividade regional, as iniciativas de preservação no vale do Itanhém são praticamente nulas (Sarmento-Soares *et al*., 2010).

Para determinar a qualidade da água e nível de preservação de bacias hidrográficas, Queiroz *et al*. (2017) consideraram as variáveis pH, temperatura, condutividade, turbidez, oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), fósforo total (PT), sólidos totais (ST), coliformes termotolerantes (CT), clorofila-a, efeito tóxico agudo (ETA) ecrônico (ETC) e Índice de Estado Trófico (IET) e precipitação com objetivo de avaliar os possíveis impactos causados e/ou potencializados em decorrência das chuvas incidentes na bacia hidrográfica do rio Parnaíba do Sul. Para tanto, utilizou-se como parâmetro os valores recomendados pela Resolução CONAMA 357/2005 e constataram forte correlação entre as chuvas e os parâmetros DBO, ST, OD, clorofila, ETC e ETA, portanto a força do arrasto das chuvas potencializa possíveis impactos ligados a tais variáveis.

Apesar da importância da água para a continuidade de todas as formas de vida e do conhecimento de que apenas um pequeno percentual desse líquido apresenta características que o colocam como próprio para consumo, o seu desperdício, poluição, contaminação e mau uso são frequentes. Essa situação também é enfrentada pelo rio Itanhém, uma vez que esgotos tratados, ou não, são lançados diretamente em seu curso d'água diariamente. Além disso, em diversos pontos é possível observar sinais de travessias de rebanhos bovinos. Ademais, verifica-se também a ausência de vegetação ripária nas áreas próximas ao desenvolvimento de atividade pecuária, bem como naquelas em que houve ocupação urbana.

Neste trabalho, objetivou-se fazer um diagnóstico sobre a biogeoquímica do rio Itanhém no trecho entre Medeiros Neto e Teixeira de Freitas, por meio de 12 parâmetros físicos, químicos e microbiológicos e compará-los com o que dispõe a resolução CONAMA 357/2005, a fim de identificar pontos em desacordo com a referida resolução e apontar as possíveis fontes de contaminação e/ou poluição do curso de água em estudo.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo

A área de estudo foi um trecho do rio Itanhém compreendido entre os municípios de Teixeira de Freitas e Medeiros Neto, ambos localizados no Extremo Sul baiano. Nesta área, foram delimitados oito pontos de amostragem selecionados em função da concentração populacional no seu entorno e dos diversos usos antrópicos, seja para cultivar a terra, para armazenar água, para as atividades domésticas, lazer ou para o descarte de esgoto bruto e/ou tratado, que podem contribuir para alguma forma de contaminação e/ou poluição. O período amostral foi entre agosto de 2018 a julho de 2019, com uma coleta mensal em cada ponto avaliado, sendo que os meses de novembro de 2018 a maio de 2019 foram considerados como período chuvoso, enquanto que os meses analisados foram considerados como de transição para períodos secos.

Para realização das análises laboratoriais, foram simultaneamente coletadas três amostras da água, em cada ponto, formando uma amostra

composta. Foram avaliados oito pontos (Tabela 1 e Figura 1), dos quais, dois foram localizados em estações fluviométricas, uma em Medeiros Neto (55460000), sob a ponte localizada no centro da cidade (BA 690), e outra em Teixeira de Freitas (55490000), na ponte da BA 290, na saída para Alcobaça-BA, as quais tiveram seus dados considerados para medição de níveis, vazão e velocidade da água naquela porção do rio, durante o período experimental compreendido. Os outros seis pontos foram em localidades estratégicas entre os municípios de Teixeira de Freitas e Medeiros Neto, principalmente antes e depois de núcleos urbanos,no intuito de analisar melhor as influências exercidas por essas localidades.

Tabela 1.Localização e descrição dos pontos de coleta estudados no rio Itanhém entre Medeiros Neto e Teixeira de Freitas-BA

Pontos	Latitude	Longitude	Descrição do ponto
P1	-17,3730°	-40,2307°	Próximo a ponte, antes da entrada do rio na cidade de Medeiros Neto.
P2	-17,3754°	-40,2213°	Dentro da cidade de Medeiros Neto e próximo à estação fluviométrica (55460000), sofre com lançamentos de efluentes sem tratamento.
P3	-17,4366°	-40,1323°	Aos fundos da usina Santa Maria.
P4	-17,4365°	-39,9412°	Antes da entrada do rio no povoado de Nova Lídice.
P5	-17,4343°	-39,9361°	Dentro do povoado de Nova Lídice, também possui lançamento de efluentes sem tratamento.
P6	-17,5096°	-39,7212°	Ponto de coleta da ETA-EMBASA de Teixeira de Freitas.
P7	-17,5112°	-39,7049°	Sob a ponte BR 101 em Teixeira de Freitas, lançamento de rejeitos de um matadouro-frigorífico.
P8	-17,5123°	-39,6452°	Abaixo da ponte da BA 290, esta após a cidade de Teixeira de Freitas, próxima a estação fluviométrica (55490000), lançamento de efluentes tratados.

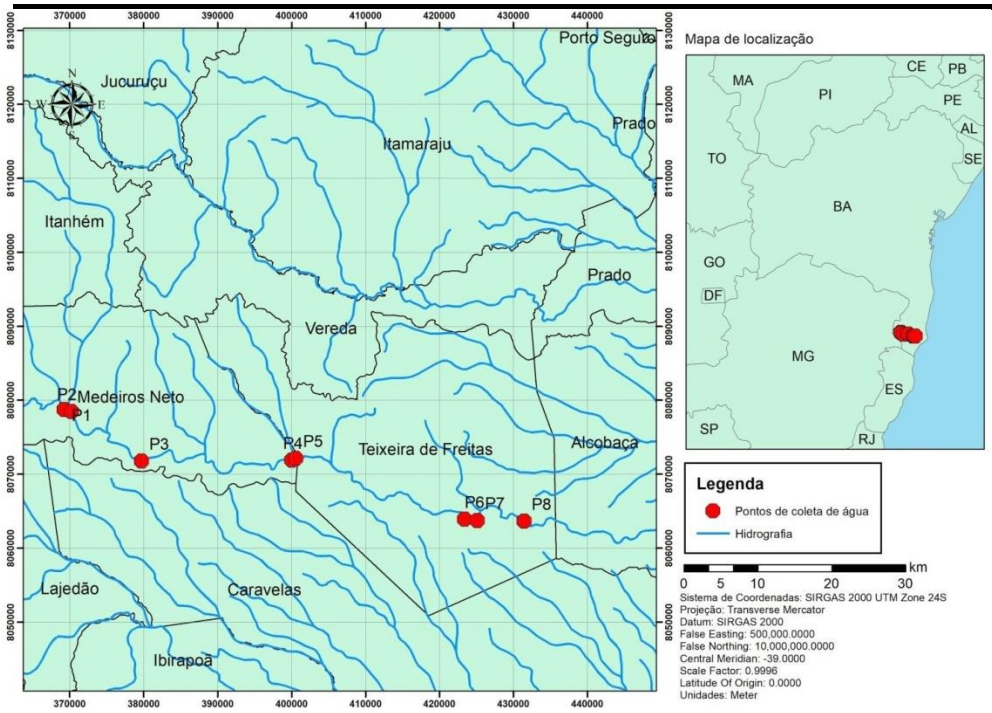


Figura 1. Identificação dos pontos de coleta e amostragem (P1 a P8) do rio Itanhém entre as cidades de Medeiros Neto e Teixeira de Freitas - BA. (pontos com influencia urbana: P2, P5, P7, P8)

Medição dos Parâmetros

As coletas foram realizadas mensalmente nos oito pontos supracitados, realizando-se três leituras *in loco*, por meio da sonda multiparâmetros HI 9829 HANNA Instrumentos®, para obtenção dos seguintes parâmetros: Oxigênio Dissolvido (DO), potencial hidrogeniônico (pH), salinidade (PSU), condutividade elétrica (Cm), total de sólidos dissolvidos (TDS), potencial de oxirredução (ORP) e temperatura (Temp). Utilizou-se três béqueres para inserção dos sensores da sonda. Das mesmas amostras, extraiu-se cerca de 1000 mL, em uma garrafa plástica, previamente higienizada, obtendo-se assim uma amostra composta para realização das análises e obtenção dos níveis de Amônia (NH_3), Nitrito (NO_2^-), Nitrato (NO_3^-) e Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), no Laboratório de Química do Instituto Federal da Bahia, em Porto Seguro-BA. Simultaneamente, foram coletadas três amostras da água, em cada ponto, para verificação de coliformes termotolerantes (CT) no Laboratório de Microbiologia da Universidade do Estado da Bahia, no *Campus* X de Teixeira de Freitas. Utilizou-se da técnica no Número Mais Provável (NMP), de acordo com o recomendado pela Associação Americana de Saúde Pública – American Public Health Association (APHA). A resolução CONAMA 357/2005 estabelece em seu artigo 15, inciso II, que para as águas doces de classe 2, em usos que não impliquem lazer, "[...] não deverá ser excedido um limite de 1000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 (seis) amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral" (Brasil,2005).

As amostras para CT foram coletadas de acordo com o disposto no Guia Nacional de Conservação de Amostras, utilizando-se três frascos de vidro âmbar de 200 mL, para cada ponto, previamente esterilizados em autoclave a uma temperatura de 121ºC, durante 15 min, e mergulhados a uma profundidade aproximada de 30 cm diretamente no corpo de água. Os frascos contendo as amostras foram lacrados e armazenados em uma caixa térmica com duas placas de gelo para evitar a elevação da temperatura e, em seguida, transportados até o laboratório, onde foi realizada a homogeneização das amostras, próximo ao bico de Bunsen, em um béquer esterilizado, para realização das análises microbiológicas e determinação de presença ou não de CT e para contagem bacteriológica através da tabela NMP.

Para análise da DBO, utilizou-se o método de determinação, demanda bioquímica de oxigênio – 5 dias a 20ºC - (DBO5,20) chamado teste de DBO5,20, com semente biológica para ativação DBO em 5 dias. Na determinação de Amônia, Nitrito, Nitrato, após filtragem da amostra, foi aplicado o método colorimétrico e as leituras foram realizadas com o auxílio de espectrofotômetro, medindo-se a absorbância na célula apropriada, respectivamente a 640, 540 e 540 nm.

O parâmetro utilizado para medir a qualidade da água do rio Itanhém foi o Índice de Qualidade de Água (IQA), desenvolvido pela *National Sanitation Foudation* (NSF). Comparou-se os dados obtidos com os valores que são recomendados pela Resolução CONAMA 357/2005, que estabelece os critérios para determinação da qualidade da água em rios de classe 2 (Tabela 2), que são corpos de água que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional, bem como permitem o contato primário com a pele em atividades de recreação, segundo a Resolução citada.

Uso e ocupação do Solo

Com o objetivo de relacionar a qualidade da água ao uso e ocupação do solo naquele trecho do rio, realizou-se a análise da influência do uso e ocupação do solo pela bacia de contribuição da área de drenagem de cada um dos oito pontos da bacia.

A partir da divisão da área da bacia, através do ArcGis e utilizando dados do projeto MapBiomas 2019, foram gerados dados individualizados acerca do tamanho das áreas de contribuição, bem como, após conhecer as principais atividades econômicas desenvolvidas próximas a cada ponto de coleta, uma correlação entre tais atividades e os valores dos parâmetros de qualidade da água obtidos na realização do estudo pôde, então, ser realizada.

A atividade agrícola é, segundo Esteves (2017), uma das principais fontes artificiais de fosfato e nitrogênio para ecossistemas lacustres, que ocorre devido à intensificação do uso de fertilizantes nitrogenados e fosfatados, a partir de 1940, o que pode ser estendido a ecossistemas fluviais, uma vez que nas bacias hidrográficas, em geral, atividades agrícolas são desenvolvidas e podem perder nutrientes, a partir da lavagem do solo, que são levados aos rios pela força de arrasto das enxurradas.

Assim, foi possível conhecer as principais atividades econômicas desenvolvidas próximo a cada ponto dentro da bacia hidrográfica, podendo associar o nível de nutrientes encontrados na água com as respectivas atividades desenvolvidas no entorno (Figura 2). Os dados de uso e ocupação do solo foram obtidos no sítio eletrônico do projeto

MapBiomas (MapBiomas, 2018), para o anode2018.

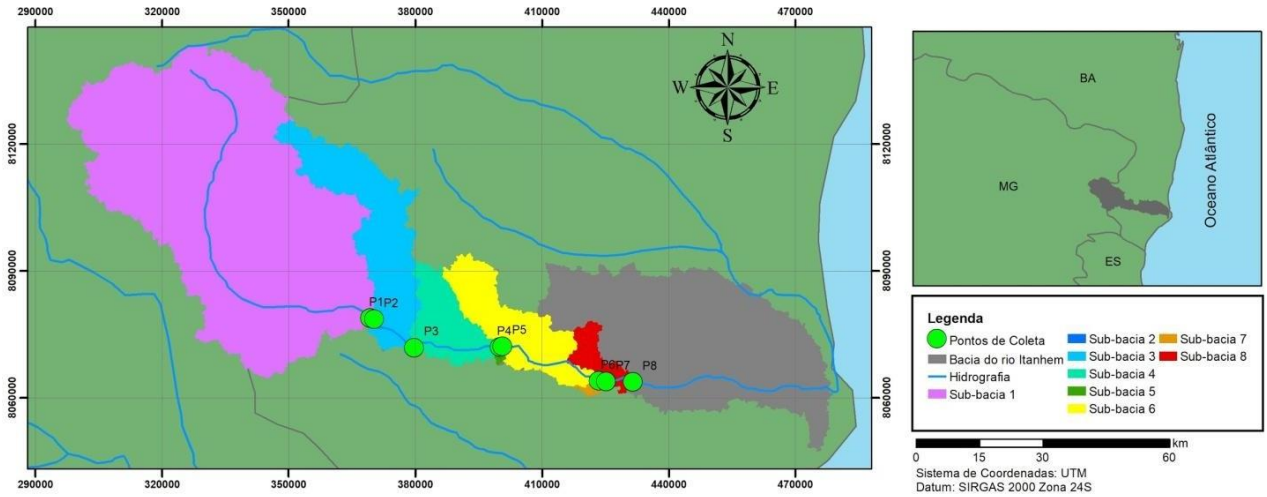


Figura 2. Área de contribuição de cada um dos oitos pontos da bacia hidrográfica do rio Itanhém.

Análise dos dados

O banco de dados foi construído com valores obtidos nos oito pontos pelo período de 12 meses, além de metadados disponíveis em plataformas liberadas para fins comparativos em sites do Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos - INEMA e da Empresa Baiana de Água e Saneamento - EMBASA. As análises foram realizadas nos oito pontos especificados na Figura 1 e Tabela 1.

Para comparação entre os pontos de amostragem e entre os períodos seco e chuvoso, os resultados foram analisados mediante estatística para descrição, exploração e comparação dos dados e, sempre que pertinente, foram comparados com os padrões especificados pela resolução do CONAMA 357/05, para água doce Classe II (BRASIL, 2005). A análise dos dados iniciou-se por meio da verificação e possível eliminação ou transformação de *outliers*. Os *outliers* identificados foram desconsiderados quando pertinentes, principalmente em função de erros na coleta. Em seguida, foi realizada uma análise descritiva de cada ponto, para fins de elucidação e caraterização. Séries temporais e diagramas de caixa (Boxplot) foram utilizados para auxiliar na interpretação dos dados. Portanto, os valores obtidos durante o percurso do rio foram comparados com os valores iniciais dos pontos anteriores ao lançamento de efluentes e com os parâmetros recomendados pela Resolução do CONAMA 357/2005, dispostos na Tabela 2, e a partir das análises dos dados foram apontados quais pontos do rio apresentam bons índices de autodepuração no trecho estudado.

Tabela 2. Valores estabelecidos pela resolução CONAMA 357/2005

Parâmetros	**Valores Considerados**
Potencial Hidrogeniônico (pH)	6 a 9 pH
Oxigênio dissolvido (%)	60% a 125%
Oxigênio dissolvido (ppm)	≥ 5,0 mg/L
Condutividade (µS/CmA)	≤ 100µS/cm
Sólidos totais (ppm)	≤ 500 mg/L
Salinidade (%)	≤ 0,5 água doce > 0,5 e < 30

	Água Salobra > 30 Água Salina
Temperatura (ºC)	-
Coliformes termotolerantes (NMP)	≤ 1.000 ou (log=3)
Demanda bioquímica de oxigênio (DBO 100mL)	≤5 mg/L
Nitrito	≤1,0 mg/L
Nitrato	≤10,0 mg/L
Amônia	≤ 3,7 mg/L

Para verificação dos pressupostos da Análise de Variância (ANOVA), realizou-se os testes para verificação da normalidade e homocedasticidade das variâncias pelos testes de Shapiro-Wilks, Bartlett e teste t de Student ao nível de 5% de probabilidade ($P<0,05$). Com isso, determinou-se se a ANOVA seria paramétrica ou não-paramétrica (Kruskal-Wallis). Para os parâmetros que apresentaram diferença significativa entre os pontos de coleta, fez-se o teste Tukey (paramétrico) ou Wilcoxon (não-paramétrico), para o ranqueamento. Também foi realizada a análise de correlação de Pearson (paramétrica) ou de Spearman (não-paramétrica). Essas análises foram realizadas com o auxílio do software *SAS University Editon*®, por meio dos procedimentos MEANS; GLM; UNIVARIATE; PLOT; NPAR1WAY; CORR; CORR SPEARMAN; MULTTEST.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No âmbito nacional, muitas pesquisas sobre a qualidade da água de rios são realizadas. O estudo de Corrêa et al. (2015), por exemplo, analisou a capacidade autodepurativa do córrego do Limoeiro, em Presidente Prudente-SP, após lançamento de efluentes tratados, chegando à seguinte conclusão: embora a água do curso d'água em questão possua classificação nível 4, segundo a Resolução CONAMA 357/2005, o córrego voltou às condições observadas a montante do lançamento do efluente já tratado, após cerca de nove quilômetros a jusante, mostrando que o rio possui uma capacidade razoável de recuperação, pois ainda que tenha voltado às condições observadas anteriormente ao lançamento de esgoto, não apresentou melhora na sua qualidade, manteve-se a mesma classificação como classe 2. Logo, o trabalho supracitado considera, para fins de capacidade autodepurativa, o quanto o rio se recupera em relação aos parâmetros da água de um rio nível 2, também de acordo com a resolução citada.

Palma-Silva et al. (2007) investigaram a capacidade de autodepuração de um trecho do rio Corumbataí, no estado de São Paulo, com a realização das coletas no canal dos afluentes rio Passa-Cinco e ribeirão Água Vermelha e após a foz de cada um deles nos períodos úmido/quente e seco/frio, por meio dos parâmetros velocidade da água, vazão, profundidade, oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO) e o nitrogênio total (NT). O rio está enquadrado na classe 2 de qualidade de acordo com a Resolução CONAMA 357/2005, mas apresentava características que, em alguns trechos, o enquadravam na classe 4. Estas condições eram decorrentes da falta de tratamento de 100% do esgoto produzido na cidade de Rio Claro e pelos impactos causados pela mineração e agroindústrias. O rio Corumbataí, no trecho estudado, apesar de receber grande quantidade de cargas orgânicas, possui uma alta taxa de depuração de aproximadamente 70,3% no período seco/frio. Em relação à capacidade de autodepuração no período úmido/quente não apresentaram conclusões.

Oliveira et al. (2018) analisaram as águas do córrego Cachoeirinha Invernada, Guarulhos-SP, a partir dos parâmetros físico-químicos temperatura, pH, turbidez, ST, condutividade elétrica, PT, DQO, bem como análise microbiológica (E. coli). O estudo concluiu que, nas áreas urbanas e em seu entorno, o Índice de Qualidade da Água (IQA) foi classificado

como péssimo e a melhor classificação da qualidade da água foi no ponto de uma das nascentes no rio estudado.

Em um trabalho intitulado "Qualidade das águas e percepção de moradores sobre um rio urbano", em Lages – RS, foram avaliados os valores do pH, DBO e OD, e concluiu-se que o rio Carahá apresentava características de esgoto, em alguns pontos, principalmente pontos próximos às zonas urbanas, e, após realização de um questionário junto à população local, constatou-se que os moradores locais, embora reconhecessem as condições de poluição do rio, ignoravam os perigos acerca da utilização de suas águas, na maioria dos casos, por falta de informações que pudessem orientar sobre o risco da utilização de águas em desacordo com as legislações em vigência (Muniz et al.,2014).

Variáveis físicas, químicas e microbiológicas

Conforme o disposto na Tabela 3, foi possível observar que, historicamente, existem meses com maior índice de precipitação na região e, durante esses períodos, o rio tem maior vazão. Em consequência das chuvas, nutrientes presentes no solo são arrastados até o curso de água (escoamento superficial e subsuperficial), o que contribui, em parte, para uma mudança na biogeoquímica fluvial devido às influências do escoamento, o que altera, momentaneamente, a qualidade da água, ao passo que, em períodos de seca, muda-se o comportamento do rio decorrente do predomínio do fluxo de base devido ao contato solo-rocha e, em pontos onde há lançamentos de efluentes, ocorre a redução na qualidade da água ao se comparar com os valores obtidos em pontos mais afastados dos pontos de despejo. Corroborando com o exposto, Vasco *et al* (2011) encontraram diferentes valores de DBO, sendo que, em períodos secos, os resultados foram sempre piores em relação aos períodos chuvosos em seu estudo denominado Avaliação Espacial e Temporal da Qualidade da Água na Sub-bacia do rio Poxim, Sergipe, Brasil, e atribuiu a diferença ao fato de haver maior diluição em períodos chuvosos.

Tabela 3. Média mensal de precipitação e total médio precipitado anual nos municípios de Teixeira de Freitas e Medeiros Neto-BA (m^3/s)

Município	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
Medeiros Neto	107,78	83,03	116,05	83,51	54,00	44,12	52,49	36,57	43,36	88,54	170,79	154,20	1031,86
Teixeira de Freitas	94,87	76,64	124,24	107,20	81,35	67,34	81,67	52,03	56,21	97,80	174,51	152,60	1148,20

Os dados de uso e ocupação do solo foram obtidos da base de dados do Projeto MapBiomas (MapBiomas, 2019)

Para os municípios de Medeiros Neto e Teixeira de Freitas, os totais anuais médios são de 1031,86 mm e 1148,20 mm (Tabela 3), com o trimestre mais seco entre os meses de julho, agosto e setembro, e o início das chuvas, ou início do ano hidrológico, em outubro,com a queda no volume precipitado, a partir de maio. O período mais seco do ano ocorre entre os meses de maio a setembro, enquanto que o período mais chuvoso ocorre entre outubro e abril.

Na análise descritiva por meio de *box-plot*, constataram-se valores de *outliers* para osparâmetros biológicos e, desta forma, os valores foram excluídos do banco de dados, para que não comprometessem as análises posteriores. No total das 12 campanhas, foram realizadas 288 observações para a maioria dos parâmetros em estudo, exceto para as variáveis microbiológicas que tiveram 264 observações. Os resultados da composição física, química e microbiológica das águas nas 12 campanhas, nos oito pontos de coletas estudados no rio Itanhém entre Medeiros Neto e Teixeira de Freitas-BA, estão apresentados nas tabelas 4 e 5.

Foram realizados testes para verificação da normalidade dos dados ($P < 0,05$) e constatou-se que todas as variáveis não seguiram distribuição normal, portanto, foram adotadas estatísticas não paramétricas para análise de variância (*Kruskal Wallis*) e de comparações múltiplas (*Wilcoxon*).

Segundo o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, os parâmetros que não apresentaram diferenças significativas entre os pontos coletados foram: ORP, Cm, Mcm, TDS, PSU e Vazão no dia da campanha (Tabela 4). Para DBO, verificou-se diferenças significativas em pelo menos um contraste entre as médias dos pontos avaliados. O valor máximo em rios de classe 2 para essa variável é 5,00 e, ao se considerar este valor, os pontos 3, 4 e 6 apresentaram valores dentro ou mais próximos dos recomendados. Para os parâmetros salinidade e condutividade não foram observadas diferenças significativas entre os pontos, pois os valores assumidos por esses parâmetros caracterizam-se por serem naturalmente baixos.

De modo geral, constatou-se que os pontos de coleta variaram entre si e em relação aos

períodos seco e chuvoso para os parâmetros ORP, OD, Temp, CT, DBO, NH_3 e vazão no dia (Tabela 4). Observou-se que, para essas variáveis, no período seco obteve-se maiores médias para ORP e OD. Enquanto, no período chuvoso, os demais parâmetros obtiveram maiores médias. No período seco, a temperatura média da água teve média de 25,94ºC, enquanto que, no período chuvoso, foi de aproximadamente 29,04ºC.

Tabela 4. Valores médios em períodos secos e chuvosos dos parâmetros analisados nas 12 campanhas nos oito pontos de coletas estudados no rio Itanhém entre Medeiros Neto e Teixeira de Freitas-BA

Parâmetros	pH	ORP	OD	Cm	TDS	PSU	Temp	CT	DBO	NH_3	NO_2^-	NO_3^-	Vazão (m^3/s)
	ns	*	*	ns	ns	ns	*	*	*	*	ns	ns	*
Seco	7,21	203,07	9,25	187,37	93,31	0,09	25,94	3,10	5,49	0,33	0,04	0,16	11,23
Chuvoso	7,14	143,97	8,90	213,15	106,63	0,10	29,04	3,29	6,58	0,48	0,04	0,23	38,31

Em que: * significativo (P < 0,05); ns - não significativo (P > 0,05); pH – potencial hidrogênico; ORP - Milivolt-potencial de redução da oxidação; OD (ppm) – oxigênio dissolvido (ppm); Cm (µS) – Condutividade; TDS - Sólidos totais (mg/L); PSU – Salinidade (%); Temp – Temperatura (ºC); CT – Coliformes termotolerantes(log); DBO – Demanda bioquímica de oxigênio 100(mg/L); NO_2^-– Nitrito (mg/L); NO_3^-– Nitrato(mg/L); NH_3– Amônia(mg/L); Vazão (m^3/s).

Tabela 5. Média, valor máximo (Máx), valor mínimo (Mín), Mediana (Md), coeficiente de variação (CV), desvio padrão (DP), erro padrão da média (EP) e o teste de Kruskal-Wallis (KW) dos parâmetros analisados nas 12 campanhas nos oito pontos de coletas estudados no rio Itanhém entre Medeiros Neto e Teixeira de Freitas-BA

Variável	Mín	Máx	Média	Md	DP	EP	CV	KW	CONAMA
pH	6,43	8,99	7,17	7,13	0,43	0,03	5,94	*	6 a 9
ORP	101,00	331,80	168,60	154,80	43,05	2,54	25,53	ns	ND
DO (ppm)	4,33	14,21	9,05	8,92	1,98	0,12	21,84	*	≥ 5 mg/L
Cm	98,00	421,00	202,41	165,50	78,37	4,62	38,72	ns	≤ 100 µS/cm
TDS	41,00	209,00	101,08	83,00	39,28	2,31	38,87	ns	≤ 500 mg/L
PSU	0,04	0,2	0,09	0,08	0,04	0,00	39,84	ns	$\leq 0,5$ Água Doce
Temp	18,74	33,09	27,75	27,67	2,58	0,15	9,28	*	ND
CT.	2,48	5,04	3,21	2,96	0,76	0,05	23,58	*	<1000 NMP
DBO	<0,1	19,37	6,13	5,59	3,66	0,22	59,79	*	$\leq$5 mg/L
NH_3	0,10	1,20	0,42	0,34	0,24	0,01	57,52	*	$\leq$3,7 mg/L
NO_2^-	0,01	0,18	0,04	0,04	0,03	0,00	64,48	*	$\leq$1,0 mg/L
NO_3^-	<0,1	1,09	0,20	0,16	0,20	0,01	99,17	*	$\leq$10,0 mg/L
Vazão (m^3/s)	2,89	173,36	27,03	8,50	42,99	2,53	159,06	ns	ND

Em que: * significativo (P < 0,05); ns - não significativo (P > 0,05); pH – potencial hidrogênico; ORP - Milivolt-potencial de redução da oxidação; DO (ppm) – oxigênio dissolvido (ppm); CmA (µS) – Condutividade; TDS - Sólidos totais (mg/L); PSU – Salinidade (%); Temp – Temperatura (ºC); CT – Coliformes termotolerantes; DBO – Demanda bioquímica de oxigênio 100(mg/L); NO_2^-– Nitrito (mg/L); NO_3^-– Nitrato(mg/L); NH_3– Amônia(mg/L); CONAMA – Valores Máximos Permitidos pela Resolução CONAMA nº.357/05.

Pode-se observar que os parâmetros pH e Temperatura foram os mais homogêneos, já que obtiveram os menores coeficientes de variação (CV) de 5,94 e 9,28%, respectivamente, enquanto vazão, nitrato, nitrito, DBO e amônia obtiveram os maiores coeficientes de variação com CV, entre 159,06 a 57,52% (Tabela 5), o que indica grande variabilidade desses parâmetros dentro do mesmo trecho do rio Itanhém no período avaliado. O pH foi o que menos variou, com menor amplitude e menor CV. A vazão no dia da coleta, além de alta amplitude, apresentou o maior coeficiente de variação (CV=159,06%) dentre os parâmetros analisados. Os demais parâmetros mantiveram-se em uma faixa intermediária de variação.

Verificou-se que a maioria dos parâmetros avaliados tem seus valores máximos ou mínimos dentro dos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/2005 e, por conseguinte, foram considerados importantes indicadores para a qualidade do corpo de água em estudo, destacando-se, conforme os valores dispostos na Tabela 5, que variáveis importantes como DBO e coliformes termotolerantes, na média geral, estão fora dos limites estabelecidos pela resolução CONAMA 357/2005 para classificação de um rio de classe 2 (Tabela 2), como foi o caso do corpo de água em estudo.

Na Tabela 6, pode-se observar que, ao se avaliar os mesmos parâmetros, isolando-se os pontos de coleta, os pontos 2, 5, 6 e 7 apresentaram o maior número de indicadores observados com valores em desacordo com o recomendado na referida resolução. Contrariando os valores dos pontos citados, foi possível observar a ocorrência de valores satisfatórios na qualidade da água nos pontos 3, 4 e 6, indicados por parâmetros como o DBO, coliformes termotolerantes, menor condutividade, bem como melhores níveis de OD. Ou seja, à medida que ocorre o afastamento dos pontos próximos a despejos de efluentes, que apresentaram qualidade inferior ao que se é exigido, há uma indicação de recuperação natural do rio com o fenômeno da autodepuração. De acordo Von Sperling (2014), a autodepuração é o restabelecimento do equilíbrio no meio aquático, após as alterações causadas por despejos de efluentes e tal equilíbrio está diretamente ligado aos parâmetros avaliados.

Tabela 6. Médias seguida do erros-padrões da média dos parâmetros analisados nas 12 campanhas nos oito pontos de coleta (em negrito estão os valores fora do estabelecido pela Resolução CONAMA 357/ 2005 para rios de classe 2)

Variável	**P1**	**P2**	**P3**	**P4**	**P5**	**P6**	**P7**	**P8**
pH	6,93^{b}	6,82^{b}	6,944^{b}	7,30^{a}	7,50^{a}	7,21^{a}	7,405^{a}	7,23^{a}
ORP	157,00^{b}	169,44^{ab}	162,77^{ab}	163,83^{ab}	162,72^{ab}	180,36^{a}	174,83^{ab}	177,81^{a}
DO	8,26^{b}	8,34^{ab}	9,12^{ab}	9,42^{ab}	9,54^{a}	9,35^{ab}	9,09^{ab}	9,24^{ab}
CmA	**217,78^{a}**	**218,08^{a}**	**186,00^{a}**	**198,53^{a}**	**198,36^{a}**	**198,89^{a}**	**201,78^{a}**	**199,86^{a}**
TDS	107,69^{a}	109,03^{a}	92,97^{a}	99,25^{a}	99,28^{a}	99,44^{a}	100,97^{a}	99,97^{a}
PSU	0,10^{a}	0,10^{a}	0,09^{a}	0,09^{a}	0,09^{a}	0,09^{a}	0,09^{a}	0,09^{a}
Temp	26,67^{b}	26,63^{b}	27,07^{ab}	27,79^{ab}	28,28^{ab}	28,21^{ab}	28,39^{ab}	28,96^{a}
CT	2,67^{cd}	**4,46^{a}**	**3,10^{b}**	2,70^{c}	**3,35^{b}**	2,73^{c}	**3,19^{b}**	**3,43^{b}**
DBO	**8,60^{a}**	**6,66^{ab}**	5,29^{ab}	5,37^{ab}	**5,78^{ab}**	4,99^{b}	**5,77^{ab}**	**6,56^{ab}**
NH3	0,17^{a}	0,42^{a}	0,42^{a}	0,78^{a}	0,44^{a}	0,30^{a}	0,27^{a}	0,56^{a}
NO_2−	0,03^{bc}	0,04^{b}	0,03^{bc}	0,03^{bc}	0,03^{bc}	0,03^{c}	0,07^{a}	0,07^{a}
NO_3-	0,29^{a}	0,17^{ab}	0,20^{ab}	0,11^{c}	0,12^{ab}	0,11^{b}	0,29^{a}	0,33^{a}

Em que: pH – potencial hidrogênico; ORP - Milivolt-potencial de redução da oxidação; DO (ppm) – oxigênio dissolvido (ppm); CmA (µS) – Condutividade; TDS - Sólidos totais (mg/L); PSU – Salinidade (%); Temp – Temperatura(ºC); CT–Coliformes termotolerantes(log); DBO–Demanda bioquímica de oxigênio100; NO_2^-–Nitrito (mg/L); NO_3^-– Nitrato(mg/L); NH_3– Amônia(mg/L). *Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de Wilcoxon ($P<0,05$).

As amostras de água coletadas apresentaram pH (Tabela 6) dentro do estipulado pela Resolução CONAMA nº. 357/2005, que considera normal de 6,0 a 9,0 para que os organismos não sofram grandes danos. Braga *et al*. (2005) afirmam que muitas substâncias decorrentes da atividade humana despejadas no meio aquático podem alterar significativamente o pH, como as deposições ácidas da poluição atmosférica, bem como o gás carbônico que ao dissolver-se na água forma o ácido carbônico reduzindo opH.

De acordo com a Tabela 6, observou-se, no ponto 1, que as amostras de água coletadas nas 12 campanhas apresentaram uma alta carga de DBO, com uma média de 8,60, bem como a presença significativa de coliformes que variou de <300 a 1500 NMP, com média de 556,36±65,19 NMP, durante as 12 campanhas, e os maiores valores foram encontrados nas campanhas 5 (1500 NMP), 10 (920 NMP) e 4 (740 NMP). Já as menores cargas de coliformes totais foram nas campanhas 1, 2, 3, 11 e 12, com <300 NMP, assim como na campanha 7, com 360 NMP. Ou seja, o referido ponto apresenta boa qualidade microbiológica ao se considerar o tipo de atividade econômica desenvolvida na área, a exemplo da criação de gado, que justificaria a elevada presença de coliformes termotolerantes, o que é agravado pela ausência de vegetação ripária e vegetação robusta no perímetro.

Indicadores como OD, salinidade, condutividade, amônia, nitrito, nitrato ecoliformes termotolerantes estão dentro do que dispõe a Resolução CONAMA 357/2005, que estabelece valores para coliformes de no máximo 1000 NMP, nitrato abaixo de 10 mg/L, nitrito<1,0 mg/L, amônia <3,7 mg/L e OD acima de 5mg/L, o que deixa P1 enquadrado nos padrões para estes indicadores.

O ponto 2 se destacou negativamente nas 12 campanhas devido à peculiaridade de estar situado no centro da cidade de Medeiros Neto-BA, caracterizada como uma cidade de pequeno porte, com uma população total estimada de pouco mais de 22 600 habitantes (IBGE 2019) e por permear a cidade, passa por diversos quintais que se estendem até margem do rio, possibilitando que muitas residências e também pequenos comércios despejam seus dejetos diretamente no corpo de água. Os valores para coliformes no P2 são muito elevados (46690,91±7177,84), com média 45 vezes maior do que preconiza a legislação vigente.

Os parâmetros pH e o OD, embora dentro dos padrões, são os mais baixos dentre os pontos estudados, respectivamente 6,82 ± 0,04 e 8,34 ± 0,37 e, em contrapartida, apresenta alta condutividade elétrica, o maior valor de TDS (Sólidos Dissolvidos Totais) e os valores de DBO, (6,66), acima do recomendado. Nesse ponto, os menores valores para coliformes termotolerantes ocorreram durante as campanhas 1, com 4200 NMP e 5, realizada imediatamente após uma forte chuva (vazão de 144,26 no dia da coleta), que pode ter nivelado as condições entre os pontos, com os valores para CT de 4300 NMP. Desse modo, nas demais campanhas os valores para este indicador estiveram acima do recomendado, chegando à máxima de 110000 NMP nas campanhas 4, 8 e11.

Fica evidenciado que a ação antrópica, ao propiciar a elevação das cargas orgânicas no rio, provoca um certo grau de alterações nos parâmetros avaliados, causando uma severa desestabilização no que diz respeito à qualidade da água e que, embora o ponto 2 tenha apresentado diversas variáveis fora dos padrões, outros parâmetros como amônia, nitrito e nitrato estão dentro do recomendado pela Resolução CONAMA 357/2005 para corpos de água de nível 2, pois ao se observar a Tabela 5 pode-se verificar que os valores dos indicadores citados não ultrapassam a máxima permitida.

No ponto 3, localizado a uma distância aproximada de 14 km da cidade de Medeiros Neto, houve uma ligeira melhora em relação ao ponto 2. O valor médio de OD elevado (9,12 ± 0,31), pH próximo de 7 (6,94 ± 0,04), e DBO (5,29 ± 0,62), encontram-se bem próximo ao que se é exigido na CONAMA 357, os valores médios de CT (3318,18 ± 1164,01), são elevados, pois embora não haja presença de residências nas proximidades, há criação de gado no perímetro, apresentou valores abaixo de 1000 NMP, nas campanhas 1,2,3,8 e 9 (respectivamente <300, 720, <300, 360 e 920 NMP), teve sua média elevada na campanha 11, na qual os valores chegaram a 24000 NMP. Neste ponto, observou-se que as margens apresentam conservação de matas ciliares, fato que pode ter contribuído positivamente na qualidade da água.

O ponto 4, que fica localizado antes da passagem do rio pelo povoado de Nova Lídice e a uma distância aproximada de 50 km de curso do ponto 2, apresenta valores médios de OD (9,42±0,36), DBO próximo de 5 (5,37±0,48), também o seu pH (7,34 ± 0,10) sempre próximo a 7. Em P4, constatou-se atividade agropecuária e, além disso, pode-se observar um certo grau de assoreamento naquela área do rio que apresenta um banco de areia no seu interior, o qual em períodos secos tem uma profundidade aproximada de 50cm, enquanto as áreas próximas às margens

chegam a aproximadamente 1,5 m nos mesmos períodos. Os níveis de coliformes termotolerantes apresentaram baixos valores nos testes de CT, com média de (687,27 ± 111,40 NMP), mostrando-se em desconformidade apenas nas campanhas 4 e 11 (2300 e 1500 NMP), após chuvas na região.

Ao observar o Ponto 5, verificou-se valores satisfatórios para OD sua média geral nas 12 campanhas, é a maior de todos os pontos (9,54 ± 0,36) e os valores de DBO 100 (5,78 ± 0,49) apresentaram médias próximas dos valores recomendados na resolução CONAMA 357/2005. A velocidade da água neste ponto P5 é elevada devido à existência de uma pequena depressão onde há muitas pedras que contribuem para aeração da água. Todavia, por estar localizado após a passagem pelo distrito de Nova Lídice, recebe grande carga orgânica de efluentes próximos e diretamente de residências daquela localidade, apresentando valores para coliformes nos testes CT (4329,09 ± 805,85 NMP), o que pode indicar que os efluentes não estão recebendo o devido tratamento antes de serem dispensados no corpo d'água em estudo.

O Ponto 6, localizado na cidade de Teixeira de Freitas, apresenta excelentes médias paraos parâmetros analisados, ao se considerar os valores recomendados pela CONAMA 357/2005, dispostos na Tabela 2, apresentando DBO 100 (4,99 ± 0,55) e coliformes termotolerantes,nostestes para CT (794,55 ± 132,54), dentro dos padrões exigidos na referida resolução, bem como apresenta bons níveis de OD (9,35 ± 0,31). Observou-se que no perímetro onde também há criação de gado, existe um remanescente de vegetação ripária que pode contribuir positivamente na qualidade da água naquela localidade. Embora sua localização esteja muito próxima à cidade de Teixeira de Freitas, é um dos pontos com distância considerável do lançamento de efluentes, a aproximadamente 39 km de curso de P5.

O ponto 7 apresenta algumas particularidades, por ser um ponto que fica após a passagem do rio pelo município de Teixeira de Freitas, foi verificada a existência de outorgas de captação e lançamento em favor de um matadouro/frigorífico que opera na região e também o despejo do córrego charqueada, que corta a cidade de Teixeira de Freitas e faz parte da bacia de contribuição, ambos antes do ponto 7, o que pode influenciar negativamente nas taxas de alguns dos indicadores. É um ponto que apresenta valores de OD (9,09 ± 0,28) e pH (7,40 ± 0.05),mas apresenta péssimos resultados para coliformes termotolerantes (CT) (3601,82 ± 1153,82 NMP), com média quase quatro vezes acima do recomendado para rios de classe 2, apresentando valores para este indicador dentro do recomendado pela CONAMA 357/2005 nas campanhas 1, 2, 3, 7 e 11 (respectivamente, 360,<300, 920, 920, 920 NMP) e valor máximo de 24000 NMP na campanha 5. A condutividade elétrica neste ponto, figura entre as mais altas (212,97 ± 10,97), menores apenas do que os valores encontrados em P1, P2 e P8 , o que indica impureza da água e mais sólidos em suspensão naquele trecho.

O ponto 8, que fica localizado a uma distância aproximada de 100km de curso do ponto 01, é o mais distante do lançamento de efluentes do município de Medeiros Neto, não apresentou valores satisfatórios para os parâmetros DBO e CT, pois recebe os efluentes tratados da cidade de Teixeira de Freitas, lançados pela EMBASA logo após a passagem do rio pelo ponto 7. O Ponto 8 apresentou altos valores de coliformes termotolerantes (12383,64 ± 2672,68 NMP), com valor médio, 12 vezes maior do que o recomendado pela resolução CONAMA 357/2005, apresentou-se em conformidade apenas nas campanhas 1, 2,8e 12 (respectivamente, <300, <300, 360 e <300 NMP) chegando ao valor máximo de 46000 NMP na campanha 4, que ocorreu após fortes chuva na região) e, embora apresente bons níveis de OD (9,24 ± 0,33), o valor da DBO (6,56 ± 0,50) está fora do estabelecido na resolução citada. Neste ponto do rio foi possível observar a 3ª maior taxa da condutividade elétrica (213,17 ± 8,63), indicando em maior grau a existência de impurezas.

Dos parâmetros observados, os que mais chamaram a atenção por apresentarem variações importantes ao se comparar os pontos de coleta avaliados foram o Oxigênio Dissolvido (OD), a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), a condutividade elétrica e principalmente os coliformes termotolerantes (EC), que são excelentes indicadores de contaminação em corpos d'água, havendo pontos, como no ponto 1, que apresentou média para EC de 556,36±65,19 NMP e, por conseguinte, dentro do recomendado. Por outro lado, houve um extraordinário aumento no ponto 2, localizado a 1,2 km do primeiro ponto, em que P2 apresentou média de (46690,91±7177,84 NMP), valor muito além do recomendado na CONAMA357/2005.

Ao se considerar o período de coletas, que foi de agosto de 2018 a julho de 2019, houve diferentes volumes de chuvas na região, passando por momentos de pouca chuva, ou seja, seco e chuvoso e consequentemente diferentes comportamentos nas variáveis estudadas. Nesse

contexto, diversos fatores contribuem para maior variância dos valores obtidos, desde a modificação na força de arrasto dos rios, que têm os seus volumes aumentados em períodos chuvosos e reduzidos em épocas de estiagem, até a forma de uso e ocupação dosolo.

Na região em estudo, foram observadas *in loco*, diversas alterações do uso do solo, como, por exemplo, a criação de gado e monoculturas de eucalipto e cana-de-açúcar, atividades que podem potencializar os problemas de contaminação e ou poluição do rio emestudo, e a partir de dados extraídos a partir do Projeto MapBiomas (MapBiomas, 2019), foi possível isolar o percentual de área ocupada pelas principais atividades desenvolvidas na bacia rio, conforme Tabela 7 abaixo.

Tabela 7. Principais tipos de uso e ocupação do solo por sub-bacia do rio Itanhém, no Extremo Sul da Bahia.

Tipos de uso e ocupação do solo	**P1**	**P2**	**P3**	**P4**	**P5**	**P6**	**P7**	**P8**
Formação florestal (%)	8,76	8,75	9,28	8,79	8,78	8,41	8,39	8,34
Floresta plantada (%)	1,02	1,02	1,02	1,19	1,19	1,63	1,63	2,01
Pastagem (%)	76,82	76,82	76,15	76,54	76,57	76,77	76,63	76,41
Mosaico de agricultura e pastagem (%)	7,66	7,66	8,2	8,03	8,02	8,18	8,2	8,17
Cultura anual e perene (%)	5,35	5,35	4,78	4,81	4,81	4,38	4,37	4,28
Infraestrutura urbana (%)	0,12	0,13	0,16	0,15	0,15	0,15	0,3	0,3

Os dados de uso e ocupação do solo foram obtidos da base de dados do Projeto MapBiomas (MapBiomas, 2019)

Ao se observar as médias gerais em períodos secos e chuvosos da Amônia, Nitrito e Nitrato, que são formas reduzidas do nitrogênio, foi possível concluir que em períodos secos as médias para tais nutrientes foram respectivamente 0,33 mg/L 0,04 mg/L 0,16 mg/L, e as médias para os períodos chuvosos foram 0,48mg/L0,04 mg/L, 0,23 mg/L. Essa diferença com valores maiores nos períodos de chuvas é um forte indicador da contribuição das atividades agrícolas desenvolvidas no entorno rio, considerando-se a força de arrasto nos períodos chuvosos, que varrem o solo em direção aos rios, conforme valores dispostos na Tabela 8, abaixo.

Tabela 8, Áreas, em km^2, de uso e ocupação do solo no ano de 2018 nas sub-bacias a montante do ponto de coleta entre M. Neto e Teixeira de Freitas - BA

Uso do solo	Sub-bacia Ponto 1	Sub-bacia Ponto 2	Sub-bacia Ponto 3	Sub-bacia Ponto 4	Sub-bacia Ponto 5	Sub-bacia Ponto 6	Sub-bacia Ponto 7	Sub-bacia Ponto 8
Formação Florestal	297,41	297,41	379,20	385,23	385,23	405,76	406,60	413,29
Outra formação natural não florestal	0,20	0,21	0,47	1,21	1,25	2,05	2,14	2,56
Floresta Plantada	34,76	34,76	41,74	52,10	52,10	78,79	79,12	99,47
Pastagem	2608,99	2611,09	3111,92	3353,68	3360,47	3705,75	3712,37	3785,89
Mosaico de Agricultura ePastagem	260,11	260,24	335,12	351,76	351,82	394,91	397,32	405,02
Cultura Anual e Perene	181,78	181,78	195,23	210,95	210,95	211,63	211,70	212,05
Cultura Semi-Perene	5,11	5,11	11,84	14,37	14,37	14,37	14,38	14,38
Infraestrutura Urbana	4,09	4,52	6,45	6,61	6,77	7,08	14,70	14,90
Outra Área não vegetada	0,72	0,72	0,92	1,06	1,06	1,08	1,08	1,42
Afloramento Rochoso	2,81	2,81	3,63	4,34	4,34	5,14	5,14	5,17

Mineração	0,00	0,00	0,01	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Rio, Lago e Oceano	0,13	0,13	,21	0,23	0,23	0,25	0,25	0,31
Área total da Sub-bacia	3396,12	3398,79	4086,74	4381,57	4388,62	4826,84	4844,84	4954,50

*Os dados de uso e ocupação do solo foram obtidos da base de dados do Projeto MapBiomas (MapBiomas, 2019)

CONCLUSÕES

A maioria das variáveis utilizadas neste trabalho foram eficazes na determinação da qualidade da água do corpo d'água estudado, mostrando que o trecho avaliado do rio Itanhém apresenta diferentes zonas de contaminação causadas pordiferentes fontes, sendo as áreas no entorno dos aglomerados urbanos, principalmente a jusante das cidades/povoados, as áreas mais afetadas pelos lançamentos de efluentes urbanos, o rio Itanhém também apresenta zonas de recuperação, estas, localizadas após se distanciar das áreas com altas cargas orgânicas, evidenciando a presença do fenômeno da autodepuração.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. LEI 12651 de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393,de19dedezembrode1996,e11.428,de22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166- 67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências.Disponívelem: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm. Acessado em: 10 de agosto de 2019.

BRASIL. LEI 9.433 de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.Disponível em:http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm. Acessado em 07/11/2019.

BRASIL. RESOLUÇÃO CONAMA N 357, de17de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponívelem:http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acessado em: 01 de maio de 2018.

CEMIG (Companhia Energética de Minas Gerais): BACIAS DO LESTE. Disponível em: http://www.cemig.com.br/pt‒br/A_Cemig_e_o_Futuro/sustentabilidade/nossos_programas/ambientais/peixe_vivo/Paginas/bacias_do_leste.aspx.Acesso em: 14 abril 2018.

CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo). Guia nacional de coleta e preservaçãode amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos. São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011. Disponível em: http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/laboratorios/publicacoes/guia-nacional-coleta-2012.pdf.Acesso em: 14 abril2018.

CORRÊA, T.S.; ARAÚJO, R.R.; APARECIDA, M. Capacidade autodepurativa do córrego do limoeiro após lançamento de efluente tratado. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v.11, n.6, p.310–325, 2015.

ESTEVES, F. A.Fundamentos da limnologia. 3. ed. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2017. 828 p. ISBN9788571932715.

INEMA (Instituto do Meio Ambiente e Recurso Hídricos) SEIA - Sistema Estadual de Informações Ambientais e de Recursos Hídricos - MÓDULO DE MONITORAMENTO 2019.Disponívelem:http://monitoramento.seia.ba.gov.br/.Acesso em 12/08/2019.

MAPBIOMAS.Disponívelem: http://www.https://mapbiomas.org/. Acesso em: novembro de2019.

MUNIZ, C.; ANTUNES, M.; CATARINA, S. D. S.; CATARINENSE, P.; OLIVEIRA, A. C. Qualidade das águas e percepção de moradores sobre um rio urbano. Revista Brasileira de Ciências Ambientais, n.32, p.75–87, 2014.

OLIVEIRA, D.G.; VARGAS, R.R.; SAAD, A.R.; ARRUDA, R.O.M.; DALMAS, F.B.; AZEVEDO, F.D. Land use and its impacts on the water quality of the Cachoeirinha Invernada Watershed, Guarulhos (SP). Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science, v.13,n.1, e2131,2018.

PALMA-SILVA, G. M.; TAUK-TORNISIELO, S. M.; PIÃO, A.Capacidade de autodepuração de um trecho do rio Corumbataí, SP, Brasil. **Holos Enviromenment**, v.7, n.2, p.139–153, 2007.

QUEIROZ, L. G.; SILVA, F. T.; PAIVA, T. C.B.Caracterização estacional das variáveis físicas, químicas, biológicas e ecotoxicológicas em um trecho do Rio Paraíba do Sul, SP, Brasil. Revista Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science,v.12, n.2, p.238-248, 2017.

SARMENTO-SOARES, L.M., MAZZONI, R.; MARTINS-PINHEIRO, R.F. A fauna de peixes na bacia do rio Itanhém, leste de Minas Gerais e extremo Sul da Bahia. Pan-American Journal of Aquatic Sciences, v.5, n.1, p.47–61, 2010.

TUCCI, C. E. M. 1997. Hidrologia: ciência e aplicação. 4.ed. Porto Alegre: ABRH/Editorada UFRGS,2009.40p.

VANDERZANT, C, Splittstoesser DF. Compendium of methods for the microbiological examinations of foods. 3rd edition. Washington: American Public Health Association (APHA); 1992.

VASCO, A, N.; BRITTO, F, B.; PEREIRA, A, P, S.; MÉLLO JÚNIOR, A, V, M.; GARCIA, C, A, B.; NOGUEIRA, L, C, Avaliação espacial e temporal da qualidade da água na sub-bacia do rio Poxim, Sergipe, Brasil. Ambi-Agua, Taubaté, v. 6, n. 1, p. 118-130, 2011. Disponível em: https://www.redalyc.org/pdf/928/92817183010.pdf.Acessado em 20 de dezembro de 2019.

CAPÍTULO 2

RELAÇÃO ENTRE PADRÕES DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E QUALIDADE DA ÁGUA NO RIO ITANHÉM, ENTRE MEDEIROS NETO E TEIXEIRA DE FREITAS

RESUMO

O monitoramento das águas superficiais pode influenciar as atividades humanas, que apresentam riscos a este recurso, e servem como uma ferramenta fundamental para a gestão dos corpos d'água. O uso e a ocupação do solo alteram sensivelmente os processos físico-químicos e biológicos dos sistemas naturais. Nesse contexto, os objetivos desta pesquisa foram caracterizar a variabilidade temporal e espacial da qualidade da água em um trecho do rio Itanhém afetado pela urbanização e avaliar a relação entre a qualidade da água e o uso do solo. Foram coletadas amostras de água entre agosto de 2018 a julho de 2019 e em oito seções ao longo do curso d'água. Em cada amostra foram determinados os seguintes parâmetros: ORP (Potencial de Oxidação e Redução), OD (Oxigênio Dissolvido), pH (Potencial Hidrogeniônico), salinidade, temperatura, condutividade, TDS (Sólidos Totais Dissolvidos), Amônia, Nitrito, Nitrato, DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) e Coliformes Termotolerantes. Após a realização das análises constatou-se que os solos do tipo pastagem, mosaico de agricultura e formação florestal apresentaram maior coeficiente de variação (CV%) nos oito pontos, e que os resultados para os indicadores pH, OD e temperatura apresentaram maior precisão, com (CV%) menor que 21,84% e as variáveis vazão do dia de coleta, nitrito, nitrato, amônia e DBO apresentaram grande dispersão entre os períodos de coleta, Dos 19 componentes principais avaliados constatou-se que oito apresentaram autovalor significativo (>0,7) sendo que 11 (57,89%) são passíveis de descarte por apresentarem autovalor inferior a 0,7, Os três primeiros componentes principais foram selecionados, explicando 53,64% da variação total dos dados. Alguns componentes avaliados se mostraram úteis na realização de pesquisas que envolvam qualidade da água, enquanto outras variáveis apresentam baixa relevância e podem ser desconsideradas em estudos relacionados ao tema.

Palavras-chave: análise de componentes principais; recursos hídricos; uso do solo

ABSTRACT: The monitoring of surface waters can influence human activities, which pose risks to this resource, and serve as a fundamental tool for the management of water bodies. Land use and occupation significantly alter the physicochemical and biological processes of natural systems. In this context, the objectives of this research were to characterize the temporal and spatial variability of water quality in a stretch of Itanhém river affected by urbanization and to evaluate the relationship between water quality and land use. Water samples were collected from august 2018 to july 2019 and in eight sections along the watercourse. In each sample the following parameters were determined: ORP (Oxidation and Reduction Potential), OD (Dissolved Oxygen), pH (Hydrogenionic Potential), salinity, temperature, conductivity, TDS (Total Dissolved Solids), Ammonia, Nitrite, Nitrate, BOD (Biochemical Oxygen Demand) and Thermotolerant Coliforms. After the analysis, it was found that the soils of the pasture type, mosaic of agriculture and forest formation presented higher coefficient of variation (CV%) in the eight points, and that the results for the indicators pH, OD and temperature presented greater precision, With (CV%) less than 21,84% and the

variables flow rate of the collection day, nitrite, nitrate, ammonia and BOD showed great dispersion between the collection periods, Of the 19 main components evaluated, it was found that eight had a significant eigenvalue (> 0,7) and 11 (57,89%) were discarded due to their eigenvalue below 0,7, The first three main components were selected, accounting for 53,64% of the total data variation, Some evaluated components proved to be useful in conducting research involving water quality, while other variables have low relevance and may be disregarded in studies related to the theme.

Keywords: principal component analysis; water resources; use of the soil

INTRODUÇÃO

A contaminação das bacias hidrográficas resultante das atividades antropogênicas constitui uma das grandes preocupações ecológicas dos últimos anos. A falta e/ou má gestão do uso do solo, aliada ao crescimento da população e à expansão industrial, tem provocado o decréscimo da qualidade da água de rios, lagos e reservatórios (ALLAN, 2004; MENEZES *et al*., 2014; DUPASA *et al*., 2015; FIA *et al*., 2015; MENEZES *et al*., 2016). Os rios são vulneráveis às transformações nos ecossistemas, uma vez que integram a paisagem e suas características físico-químicas refletem tanto a configuração geológica que drenam quanto os insumos da bacia circundante (ALLAN, 2004; PICKETT *et al*., 2011)**.**

No Extremo Sul da Bahia, a bacia do rio Itanhém é responsável pelo abastecimento de água nos municípios de Teixeira de Freitas, Medeiros Neto e Itanhém, enquanto no Estado de Minas Gerais é responsável pelo abastecimento dos municípios de Umburatiba, Machacalis, Bertópolis, Santa Helena de Minas e Fronteira dos Valos. Esse rio, também chamado de Alcobaça, atende a uma população estimada de 227 654 pessoas (CEMIG, 2008) que dependem do rio de forma direta ou indireta para o desenvolvimento das mais diversas atividades, tais como: domésticas, lazer, uso comercial, irrigação de lavouras, aquicultura, agropecuária e industrial. Apesar da importância social e econômica do rio Itanhém, ele enfrenta lançamento diários de efluentes domésticos, industriais e agroindustriais não tratados lançados diretamente em seu curso de água.

Um rio eutrofizado, com alta carga de nutrientes e poluentes, apresenta poucos organismos simples habitando aquele local e alguns organismos complexos mais resistentes, a exemplo de peixes pulmonados. Em ambientes ricos em nitrogênio e fósforo provenientes de esgotos domésticos, industriais e atividades agrícolas, as cianobactérias quase sempre constituem o grupo fitoplanctônico dominante, levando em muitos casos à eutrofização (FUNASA, 2014). Desta forma, estudos em que se tem como objetivo principal avaliar a qualidade da água do rio, lago ou um riacho são de grande relevância a favor da sua

conservação. Para o monitoramento e interpretação mais clara da qualidade da água é comum utilizar o Índice de Qualidade das Águas (IQA), que é o principal indicador qualitativo usado no país pelos órgãos de controle de qualidade. Este índice foi desenvolvido para avaliar a qualidade da água para o abastecimento público, após o tratamento convencional, sendo de fácil interpretação, pois é expresso numa escala numérica entre 0 a 100, com valor 0 (zero) a pior qualidade e 100 (cem) a melhor qualidade da água. O IQA é calculado considerando-se os seguintes parâmetros: temperatura da água, pH, oxigênio dissolvido, resíduo total, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), coliformes termotolerantes, nitrogênio total, fósforo total e turbidez (ANA, 2018).

Existem inúmeras formas de para elaboração de um índice de qualidade de água (IQA), sendo que a maioria é baseada no cálculo de IQA desenvolvido pela *National Sanitation Foundation* (IQANSF) (FLORES, 2002). Porém, o índice proposto por IQANSF, assim como a adaptação realizada pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental de São Paulo – CETESB (IQACETESB) não são passíveis de alterações, devido aos pesos específicos dada a cada variável. Como qualquer índice proposto em que há pesos pré-estabelecidos embutidos a cada variável, fica difícil calcular o índice quando não se mede uma das variáveis indicadas pelo IQANSF e IQACETESB. Porém, é possível elencar quais são os parâmetros mais importantes, ou mais influentes, para o cálculo do IQA. Para isto, utiliza-se técnicas estatísticas como a Análise de Componentes Principais (ACP) que tem como finalidade resumir o conjunto de variáveis originais em poucos componentes e demonstrar a formação de grupos pelos indivíduos. O critério para descarte de variáveis à ACP segue as recomendações de Jolliffe (1973), baseado em dados simulados e reais, a partir da matriz de correlação estabelece que o número de variáveis descartadas deva ser igual ao de componentes cuja variância (autovalor) é inferior a 0,7 (PIRES *et al*, 2012),

Assim, pode-se fazer uso da técnica de ACP, que tem por objetivos reduzir a informação contida no complexo de variáveis originais por meio da eliminação das informações redundantes (KHATTREE; NAIK, 2000) e reduzir a dimensionalidade espacial dos dados. Esta análise de componentes principais pode, ainda, revelar relações não identificadas previamente, contribuindo para melhor interpretação dos dados (BAKER *et al.*, 1988).

Diante deste contexto, verifica-se a necessidade de um planejamento para a ocupação da região em que está inserido o trecho do rio Itanhém e um monitoramento contínuo de suas águas. Tal monitoramento visa o controle da qualidade da água e busca avaliar diversos parâmetros, os quais muitas vezes são difíceis de analisar e interpretar devido à grande

quantidade de dados, principalmente se as coletas e as análises de água ocorrerem por muitos anos. A fim de suplantar esse obstáculo é feita a utilização de abordagens multivariadas como a Análise Fatorial (AF) e a ACP que são úteis para obter informações significativas, promovendo a redução do número de variáveis com o mínimo de perdas das informações (LIAO *et al*., 2008; BERNARDI *et al*., 2009; AUTIN; EDWARDS., 2010; VANZELA *et al*., 2010; AKBAR *et al*., 2011; MENDONÇA; SOUZA, 2011; SPEZIA *et al*., 2011; Tu, 2011; BABOROWSKI *et al*., 2012; GUEDES *et al*., 2012; SHEELA *et al*., 2012; ROCHA; PEREIRA, 2014).

Guedes *et al* (2012) no estudo da qualidade da água do Rio Pomba – MG constataram que a ACP resultou na redução de 3 das 18 variáveis analisadas. Isso porque as variáveis limnológicas nitrato, pH e detrito, não se mostraram significativas na explicação da variância total. Desse modo, podem ser desconsideradas no estudo de qualidade de água. No referido estudo, a seleção do número de componentes teve como base os princípios sugeridos por Jolliffe (1973) de que a porcentagem acumulada da variância total entre 70 e 90% oferece uma ideia razoável da representação da variância original, ou seja, adotou-se, como critério para a seleção dos componentes principais, a porcentagem acumulada da variância total dos dados originais de 70%.

Girão *et al*, (2007) ao selecionarem indicadores da qualidade de água no rio Jaibaras pelo emprego da ACP verificaram que a correlação positiva entre amônia e nitrato pode ser resultante da decomposição da matéria orgânica em condições anaeróbias em que a amônia e o nitrato são indicativos do grau de poluição do corpo d'água pelo lançamento de efluentes domésticos e industriais, e lixiviação de solos onde foram aplicados fertilizantes nitrogenados. Além disso, assevera que as variáveis NO_3^-, pH e HCO_3^- que expressam os riscos da poluição orgânica. Ao passo que os parâmetros NH_4^+ e o NO_3^- estão relacionados à poluição do corpo d'água pelo lançamento de efluentes domésticos, terras cultivadas e lixiviação de solos.

Portanto, neste trabalhou objetivou-se caracterizar a variabilidade temporal e espacial da qualidade da água em um trecho do rio Itanhém afetado pela urbanização, avaliar a relação entre a qualidade da água e o uso do solo e selecionar os parâmetros mais relevantes para monitoramento verificando pela Análise de Componentes Principais os parâmetros que melhor explicam a variância total dos dados, ou seja, os mais relevantes para esse trecho do rio.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

Essa pesquisa foi desenvolvida em um trecho do rio Itanhém que corta os municípios de Teixeira de Freitas e Medeiros Neto, ambos localizados no Extremo Sul baiano. Nesta área, foram delimitados oito pontos de amostragem selecionados em função da concentração populacional no seu entorno e dos diversos usos antrópicos, seja para cultivar a terra, para armazenar água, para as atividades domésticas, lazer ou para o descarte de esgoto bruto e/ou tratado, que podem contribuir para alguma forma de contaminação e ou poluição. O período experimental foi entre agosto de 2018 a julho de 2019, e em cada ponto avaliado foi coletado três amostras, ou seja, realizou-se três leituras a uma distância aproximada de 1,5 metros uma da outra. Para realização das análises laboratoriais, foram simultaneamente coletadas três amostras da água, em cada ponto, formando a amostra composta.

Portanto, foram avaliados oito pontos (Tabela 1 e Figura 1) em dois deles existem estações fluviométricas, uma em Medeiros Neto (55460000), sob a ponte localizada no centro da cidade (BA 690), e outra em Teixeira de Freitas (55490000), na ponte da BA 290, na saída para Alcobaça-BA, as quais tiveram seus dados considerados para medição de níveis, vazão e velocidade da água naquela porção do rio durante o período experimental compreendido. Os outros seis pontos foram em localidades estratégicas entre os municípios de Teixeira de Freitas e Medeiros Neto, principalmente antes e depois de núcleos urbanos a fim de analisar as influências exercidas por estas localidades.

Tabela 1, Localização e descrição dos pontos de coleta estudados no rio Itanhém entre Medeiros Neto e Teixeira de Freitas-BA

Pontos	Latitude	Longitude	Descrição do ponto
P1	-17,3730°	-40,2307°	Próximo a ponte, antes da entrada do rio na cidade de Medeiros Neto.
P2	-17,3754°	-40,2213°	Dentro da cidade de Medeiros Neto e próximo a estação fluviométrica (55460000), sofre com lançamentos de efluentes sem tratamento.
P3	-17,4366°	-40,1323°	Aos fundos da usina Santa Maria.
P4	-17,4365°	-39,9412°	Antes da entrada do rio no povoado de Nova Lídice.
P5	-17,4343°	-39,9361°	Dentro do povoado de Nova Lídice, também possui lançamento de efluentes sem tratamento.
P6	-17,5096°	-39,7212°	Ponto de coleta da ETA-EMBASA de Teixeira de Freitas.
P7	-17,5112°	-39,7049°	Sob a ponte BR 101 em Teixeira de Freitas,

P8	-17,5123°	-39,6452°	lançamento de rejeitos de um frigorífico. Abaixo da ponte da BA 290, esta após a cidade de Teixeira de Freitas, próxima a estação fluviométrica (55490000), lançamento de efluentes tratados.

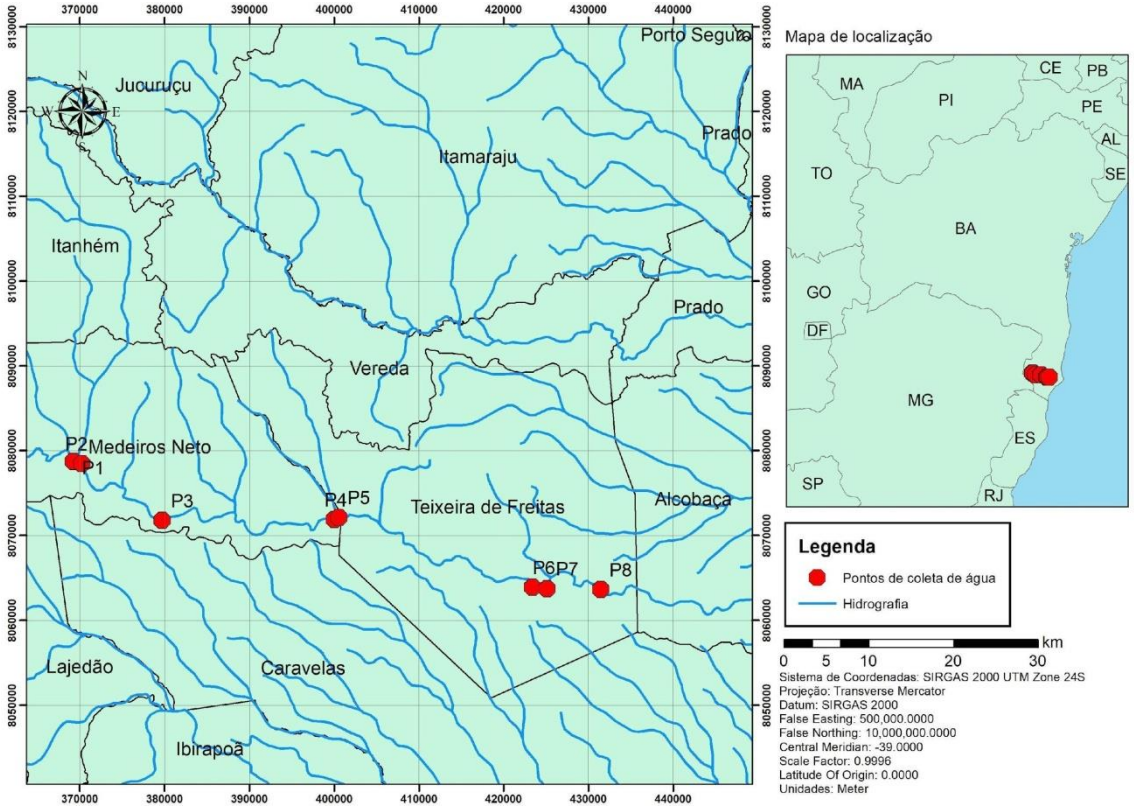


Figura 1, Identificação dos pontos de coleta e amostragem (P1 a P8) do rio Itanhém entre as cidades de Medeiros Neto e Teixeira de Freitas.

Medição dos Parâmetros

As coletas foram realizadas mensalmente nos oito pontos supracitados, realizando-se três leituras *in loco*, por meio da sonda multiparâmetros HI 9829 HANNA Instrumentos®, para obtenção dos seguintes parâmetros: Oxigênio Dissolvido (DO), potencial hidrogeniônico (pH), salinidade (PSU), condutividade elétrica (Cm), total de sólidos dissolvidos (TDS), potencial de oxirredução (ORP) e temperatura (Temp). Utilizou-se três béqueres para inserção dos sensores da sonda. Das mesmas amostras, extraiu-se cerca de 1000mL, em uma garrafa plástica, previamente higienizada, obtendo-se assim uma amostra composta para realização das análises e obtenção dos níveis de Amônia (NH_3), Nitrito (NO_2^-), Nitrato (NO_3^-) e Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), no Laboratório de Química do Instituto Federal da Bahia, em Porto Seguro.

Simultaneamente, foram coletadas três amostras da água, em cada ponto, para verificação de coliformes termotolerantes (CT) no Laboratório de Microbiologia da Universidade do Estado da Bahia, no *Campus* X de Teixeira de Freitas. Utilizou-se da técnica no Número Mais Provável (NMP), visando observar os parâmetros estabelecidos pela CONAMA 357/2005. Tal resolução estabelece, em seu artigo 15, inciso II, para as águas doces de classe 2, que, para os usos que não impliquem lazer, "[.,,] não deverá ser excedido um limite de 1,000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 (seis) amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral" (BRASIL, 2005).

As amostras para CT foram coletadas observando-se o disposto no Guia Nacional de Conservação de Amostras, utilizando-se três frascos de vidro âmbar de 200mL, para cada ponto, previamente esterilizados em autoclave a uma temperatura de 121ºC, durante 15min, e mergulhados a uma profundidade aproximada de 30cm diretamente no corpo d'água. Os frascos contendo as amostras foram lacrados e armazenados em uma caixa térmica com duas placas de gelo para evitar a elevação da temperatura, e em seguida transportados até o laboratório, onde foram realizadas as homogeneizações das amostras, que para manipulação foram posicionadas atrás do bico de Bunsen, abertas e despejadas em um béquer esterilizado para realização das análises microbiológicas e determinação de presença ou não de CT e para contagem bacteriológica através da tabela NMP.

Para análise da DBO utilizou-se o método de determinação, demanda bioquímica de oxigênio – 5 dias a 20°C - (DBO5,20) chamado teste de DBO5, 20, com semente. Na determinação de Amônia, Nitrito, Nitrato, após filtragem da amostra, foi aplicado o método colorimétrico, e as respectivas leituras foram realizadas com o auxílio de espectrofotômetro, medindo-se a absorbância na célula apropriada respectivamente a 640, 540 e 540nm.

O parâmetro utilizado foi o Índice de Qualidade de Água (IQA), desenvolvido pela *National Sanitation Foudation* (NSF), para medir a qualidade da água do rio Itanhém. Comparou-se os dados obtidos com os valores que são recomendados pela Resolução CONAMA 357/2005, que estabelece os critérios para determinação da qualidade da água em rios de classe 2 (Tabela 2), que são corpos d'água que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional, bem como permitem o contato primário com a pele em atividades de recreação, segundo a mesma Resolução.

Uso e ocupação do Solo

Com o objetivo de relacionar a qualidade da água ao uso e ocupação do solo naquele trecho do rio, realizou-se o fracionamento da área da bacia hidrográfica utilizando-se o software ArcGIS®, evidenciando-se assim a área de contribuição da bacia em cada ponto de coleta, bem como as principais atividades econômicas desenvolvidas próximo a cada ponto dentro da bacia hidrográfica, podendo associar o nível de nutrientes encontrados na água com as respectivas culturas desenvolvidas no entorno, conforme Figura 2 abaixo.

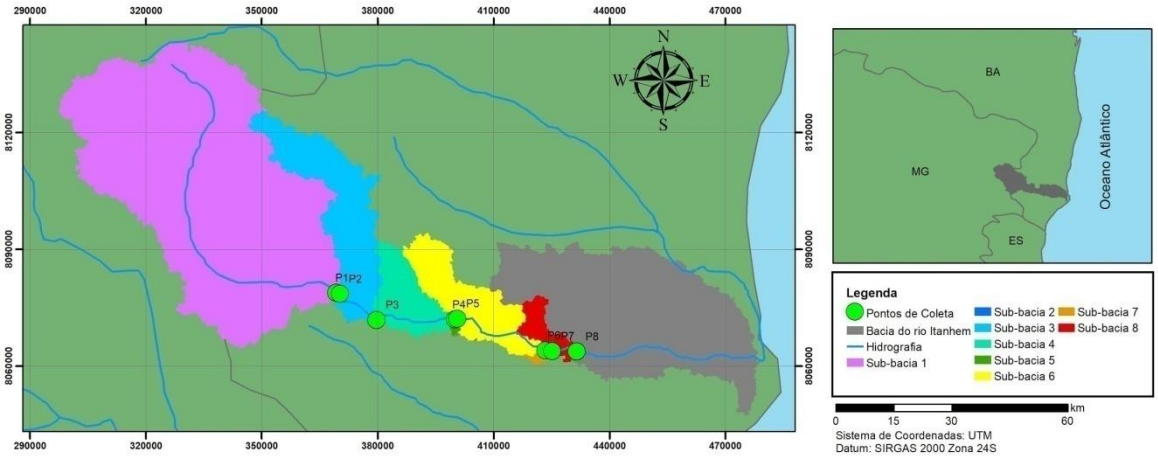


Figura 2, Área de contribuição da bacia hidrográfica do rio Itanhém por pontos de coleta.

A área da bacia hidrográfica foi fracionada em microbacias de contribuição objetivando relacionar a qualidade da água ao uso e ocupação do solo naquele trecho do rio, utilizando-se o software ArcGIS®, e após a classificação das diversas culturas desenvolvidas dentro de cada sub-bacia, foram destacadas as mais relevantes para este estudo (Formação Florestal, Floresta Plantada, Pastagem, Mosaico de Agricultura e Pastagem, Cultura Anual e Perene e Infraestrutura Urbana), Urbana). A partir disso, foi possível determinar a área em km² ocupada por cada tipo de vegetação, em porcentagem, para facilitar no tratamento dos dados.

Os dados de todos os parâmetros coletados e mensurados, antes da aplicação de algum método multivariado, foram submetidos a análises exploratórias para investigar a existência de valores discrepantes devido a erros na coleta e/ou escrita, descartando informações incompatíveis e eliminando coletas nos pontos com informações perdidas. As variáveis foram submetidas à análise de componentes principais (ACP), com a finalidade de resumir o

conjunto de variáveis originais em poucos componentes e de demonstrar a formação de grupos pelos pontos e campanhas.

Em razão da existência de variáveis com medidas em unidades diferentes (medidas lineares e razões entre elas), foi necessária a padronização dessas variáveis Xj (j = 1, 2, .,., p) nesse caso, a estrutura de dependência de Xj foi dada pela matriz de correlação R. O critério para descarte de variáveis seguiu as recomendações de Jolliffe (1973), baseado em dados simulados e reais, com ACP a partir da matriz de correlação de Spearman. Estabeleceu-se que o número de variáveis descartadas deve ser igual ao de componentes cuja variância (autovalor) é inferior a 0,7. Todas as análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software SAS® University Edition.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a descrição dos usos e coberturas vegetais mapeados, constatou-se que os solos do tipo pastagem, mosaico de agricultura e pastagem, formação florestal e cultura anual e perene obtiveram os menores coeficientes de variação (CV %) nos oito pontos avaliados no trecho do rio Itanhém, porém para ocupação do solo com infraestrutura urbana verificou-se maior dispersão relativa devido às diferenças entre os pontos amostrados conforme relatado na Figura 1 e Tabela 1. Para os parâmetros físicos pH, Temp e DO, o CV das características mostrou precisão das estimativas por apresentaram valores inferiores a 21,84%.Para as variáveis vazão no dia da coleta, NO_3^-, NO_2^-, DBO e NH_3 observaram-se as maiores dispersões relativas com CV variando de 159,06% a 57,52% (Tabela 2). A variação na vazão visualizada reflete diretamente na qualidade da água, principalmente na diluição de alguns poluentes, que podem tornar-se tóxicos em uma determinada concentração, além de poder levar a eutrofização e à acidificação dos rios (NILSSON & RENÖFÄLT, 2008; MENEZES *et al*., 2016).

Ainda que a área de contribuição da bacia do rio Itanhém contenha na sua totalidade área ocupada por pastagem (76,59%), nos pontos amostrados possuem áreas florestais que permitem a manutenção da qualidade da água em função do efeito filtro da vegetação, que reduz os valores de nutrientes arrastados pela enxurrada em áreas descobertas, elevando a importância da manutenção da mata e reflorestamento em pontos nos quais a sua existência é baixa ou nula. A vegetação ripária tem influência direta sob uma bacia hidrográfica e seus efeitos positivos vão desde a preservação do equilíbrio da vida a manutenção do solo, evitando assoreamento das margens dos rios (CASTRO *et al.*, 2017).

Tabela 2. Médias e desvios padrões dos tipos de ocupação do solo, parâmetros físicos, químicos e biológicos dos oitos pontos amostrados no rio Itanhém

Variável	Média	DP	CV
Formação florestal (%)	8,69	0,29	3,33
Floresta plantada (%)	1,34	0,34	26,05
Pastagem (%)	76,59	0,22	0,28
Mosaico de agricultura e pastagem(%)	8,02	0,22	2,70
Cultura anual e perene(%)	4,77	0,39	8,23
Infraestrutura urbana (%)	0,18	0,07	37,81
pH	7,17	0,43	5,94
ORP	168,60	43,05	25,53
DO	9,05	1,98	21,84
Cm	202,41	78,37	38,72
TDS	101,08	39,28	38,87
PSU	0,09	0,04	39,84
Temp	27,75	2,58	9,28
CT	3,21	0,76	23,58
DBO	6,13	3,66	59,79
NH_3	0,42	0,24	57,52
NO_2^-	0,04	0,03	64,48
NO_3^-	0,20	0,20	99,17
Vazão	27,03	42,99	159,06

Em que: pH – potencial hidrogênico; ORP - Milivolt- potencial de redução da oxidação; DO (ppm) – oxigênio dissolvido (ppm); Cm (µS) – Condutividade; TDS - Sólidos totais (mg/L); PSU – Salinidade (%); Temp – Temperatura (ºC); CT – Coliformes termotolerantes; DBO (mg/L); – Demanda bioquímica de oxigênio 100; NO_2^- – Nitrito (mg/L); NO_3^- – Nitrato(mg/L); NH_3 – Amônia(mg/L); Vazão (m^3/s),

Há uma predominância na ocupação por pasto, ocupando cerca de 76,59% da área da bacia em estudo, e embora a região também seja grande produtora de eucalipto e cana-de-açúcar, essas cultuas não representam grandes áreas dentro das sub-bacias do rio Itanhém. Pereira *et al(2016)* em um estudo na bacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, PA, identificou que a classe de maior incidência na referida bacia foi de pastagem, ocupando mais de 54% da área total da bacia hidrográfica, o que, segundo ele, revela uma intensa atividade antrópica e grandes mudanças na paisagem natural.

Em contraposição ao tamanho da área utilizada e seus respectivos impactos, destaca-se a área da bacia ocupada por aglomerados urbanos, que representa apenas 0,18% da área da bacia e nestas áreas o rio apresenta o piores resultados para maioria dos indicadores de qualidade avaliados, mostrando um grande impacto gerado pela ação direta de seres humanos, usuários do ecossistema aquático.

A fim de comparar e analisar os parâmetros de qualidade da água entre os pontos monitorados, foi aplicada a Análise de Componentes Principais (ACP) aos dados padronizados. De acordo com os resultados obtidos na Tabela 3 e na Figura 3 para os componentes principais, seus respectivos autovalores e porcentagens da variância explicada dos 19 componentes principais, 11 autovalores de 19 (57,89%) apresentaram variância inferior a 0,7 (autovalor inferior a 0,7). Portanto, 11 variáveis são passíveis de descarte. Os três primeiros componentes principais foram selecionados, explicando 53,64% da variação total dos dados.

Tabela 3. Componentes Principais (CP), autovalores (λi) e porcentagem da variância explicada pelos componentes (%VCP) dos tipos de ocupação do solo, parâmetros físicos, químicos e biológicos dos oitos pontos avaliados no rio Itanhém

CP	λ_i	Variação Simples (%)	Variação acumulada (%)
1	4,5250	23,82	23,82
2	3,5852	18,87	42,69
3	2,0817	10,96	53,64
4	1,7829	9,38	63,03
5	1,3966	7,35	70,38
6	1,3209	6,95	77,33
7	0,9841	5,18	82,51
8	0,9558	5,03	87,54
9	0,6801	3,58	91,12
10	0,5467	2,88	94,00
11	0,3596	1,89	95,89
12	0,2895	1,52	97,41
13	0,2164	1,14	98,55
14	0,1783	0,94	99,49
15	0,0875	0,46	99,95
16	0,0047	0,02	99,97
17	0,0035	0,02	99,99
18	0,0014	0,01	100,00
19	0,0000	0,00	100,00

O comportamento das variáveis de qualidade de água no trecho do rio Itanhém mais satisfatório foi aquele composto por cinco componentes (C1, C2, C3, C4 e C5). A seleção do número de componentes teve como base os princípios sugeridos por Jolliffe (1973), ou seja, a porcentagem acumulada da variância total entre 70 e 90% oferece uma ideia razoável da representação da variância original. As 11 variáveis que apresentaram maiores coeficientes,

em valor absoluto, a partir do último componente principal, podem ser descartadas. Assim, os parâmetros sugeridos para descarte, em ordem de menor importância para explicar a variação total, foram: Cultura anual e perene, TDS, Formação florestal, PSU, Pastagem, Infraestrutura urbana, DBO, NO_3^-, DO, NO_2^- e pH.

Considerando-se os resultados, recomenda-se que as seguintes variáveis sejam mantidas em estudos futuros: NH_3, EC, Vazão, Cm, Mosaico de agricultura e pastagem, Cultura anual e perene, ORP e Temp. Para outro conjunto de dados, além desta amostragem, os resultados das variáveis que devem ser mantidas ou descartadas para o estudo da divergência entre elas podem, contudo, diferir deste resultado, precisando investigar cada situação. Observa-se que as características sugeridas para descarte apresentaram correlação linear simples e significativa com as demais, ou seja, são redundantes.

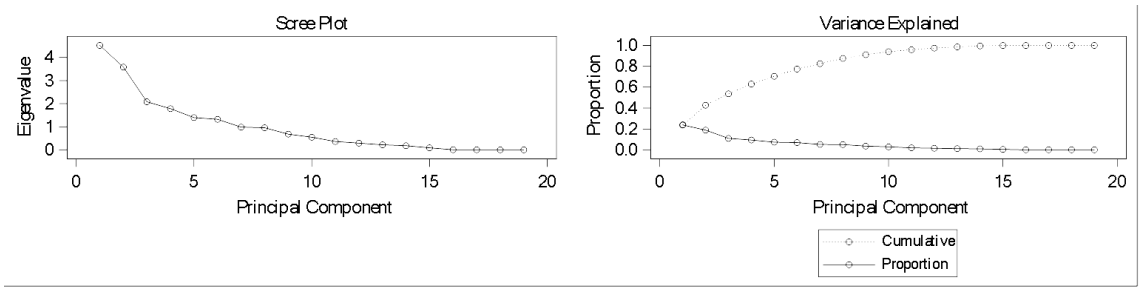


Figura 3. Gráficos da relação dos autovalores com os componentes principais e da variação explicada pelos componentes principais dos tipos de ocupação do solo, parâmetros físicos, químicos e biológicos dos oitos pontos avaliados no rio Itanhém

Na representação gráfica da distribuição dos oito pontos segundo os componentes principais 1 e 2 (Figura 4), observa-se que os pontos 1 e 2 ocuparam predominantemente os dois quadrantes do lado esquerdo, enquanto os pontos 7 e 8 ocuparam, em maior ocorrência, o quadrante superior direito. A dispersão do ponto 6, localizado no ponto de captação da EMBASA, foi o que ficou mais concentrada em comparação com todos os demais pontos amostrados se localizando no quadrante inferior direito. Mesmo com maior proximidade geográfica entre os pontos 4 e 5, eles foram os mais dispersos, ou seja, para as variáveis estudadas os pontos a montante do povoado de Nova Lídice e à jusante do povoado de Nova Lídice foram os mais discrepantes. Para as variáveis analisadas, os agrupamentos dos pontos levaram em conta a proximidade geográfica dos mesmos, ou seja, agruparam-se na Figura 4 à semelhança da proximidade física dos pontos amostrados no rio Itanhém.

Tabela 4. Correlação de Spearman: variáveis avaliadas x componentes principais 1, 2 e 3

	TDS	PSU	Temp	CT	DBO	AMON	NITRI	NITRA	VAZ
Prin1	-0,32923	-0,33908	0,43803	-0,17869	-0,11296	0,03147	0,24268	0,06806	-0,06329
	<,0001	<,0001	<,0001	0,0036	0,0669	0,6107	<,0001	0,2705	0,3056
	264	264	264	264	264	264	264	264	264
Prin2	0,85427	0,85352	-0,16423	0,30752	0,00016	-0,11954	0,61140	0,42337	0,69363
	<,0001	<,0001	0,0075	<,0001	0,9980	0,0524	<,0001	<,0001	<,0001
	264	264	264	264	264	264	264	264	264
Prin3	0,17839	0,18780	-0,23895	0,10011	-0,85776	0,16775	-0,00178	-0,08563	0,42211
	0,0036	0,0022	<,0001	0,1046	<,0001	0,0063	0,9770	0,1654	<,0001
	264	264	264	264	264	264	264	264	264

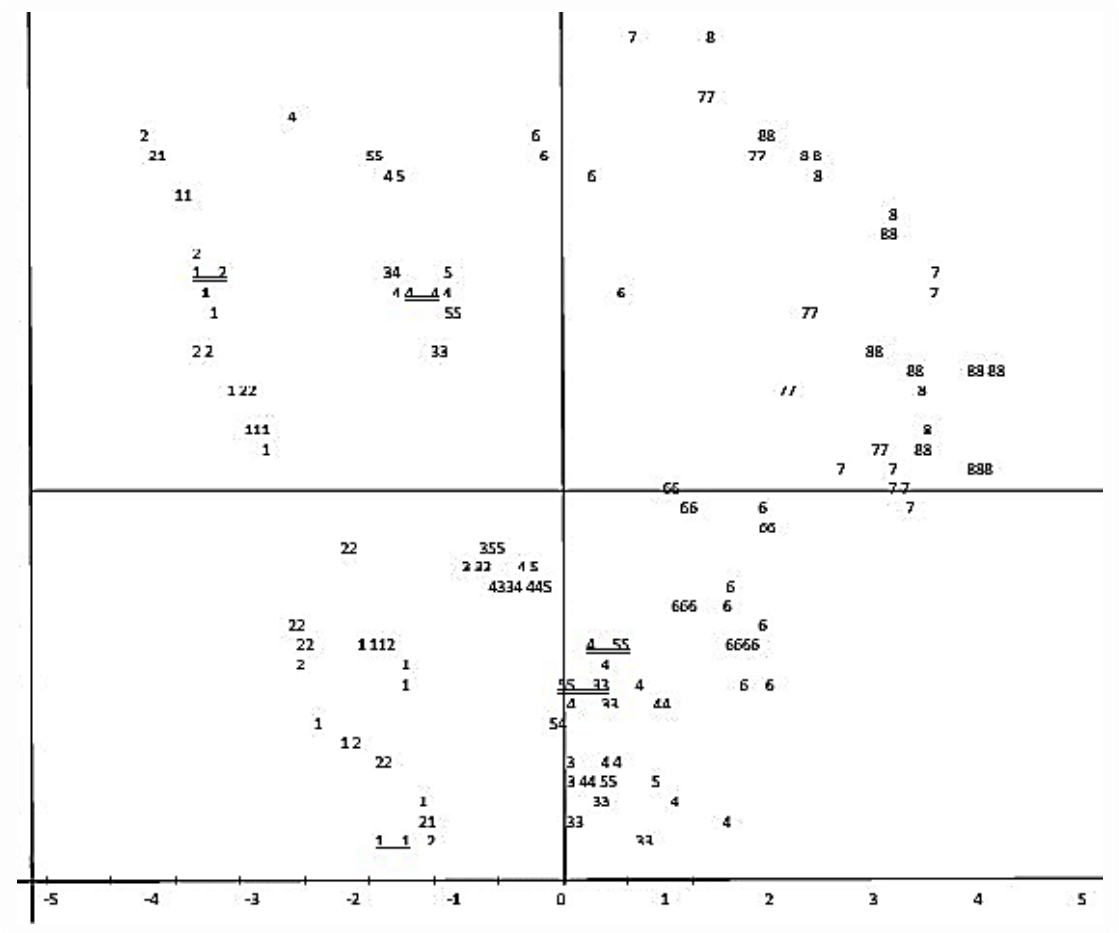


Figura 4, Dispersão gráfica dos escores dos oito pontos amostrados no rio Itanhém, em relação aos componentes principais (CP) 1 e 2· Em que os números representam os respectivos pontos amostrados no rio Itanhém

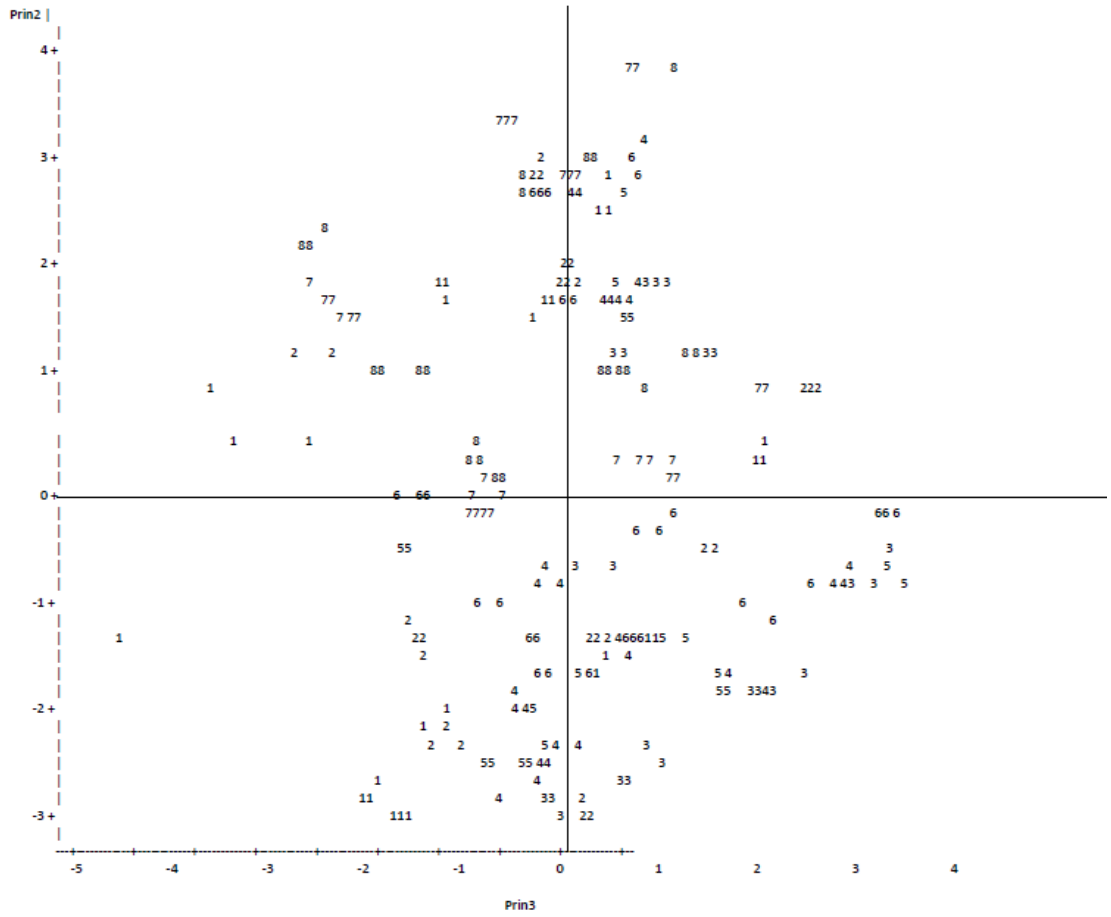


Figura 5, Dispersão gráfica dos escores dos oito pontos amostrados no rio Itanhém, em relação aos componentes principais (CP) 2 e 3. Em que os números representam os respectivos pontos amostrados no rio Itanhém

Ao se observar o disposto na representação gráfica da distribuição dos oito pontos conforme os componentes principais 2 e 3 (Figura 4.1), observa-se que os pontos 1 e 2 ocuparam predominantemente os dois quadrantes do lado esquerdo, sendo que o ponto 1 se dispersa também pelo quadrante superior direito, enquanto os pontos 7 e 8 ocuparam, em maior ocorrência, o quadrante superior esquerdo, mudando de posição em relação ao comparativo CP1 x CP2. Neste comparativo, a dispersão do ponto 6 é mais difuso em relação ao primeiro comparativo.

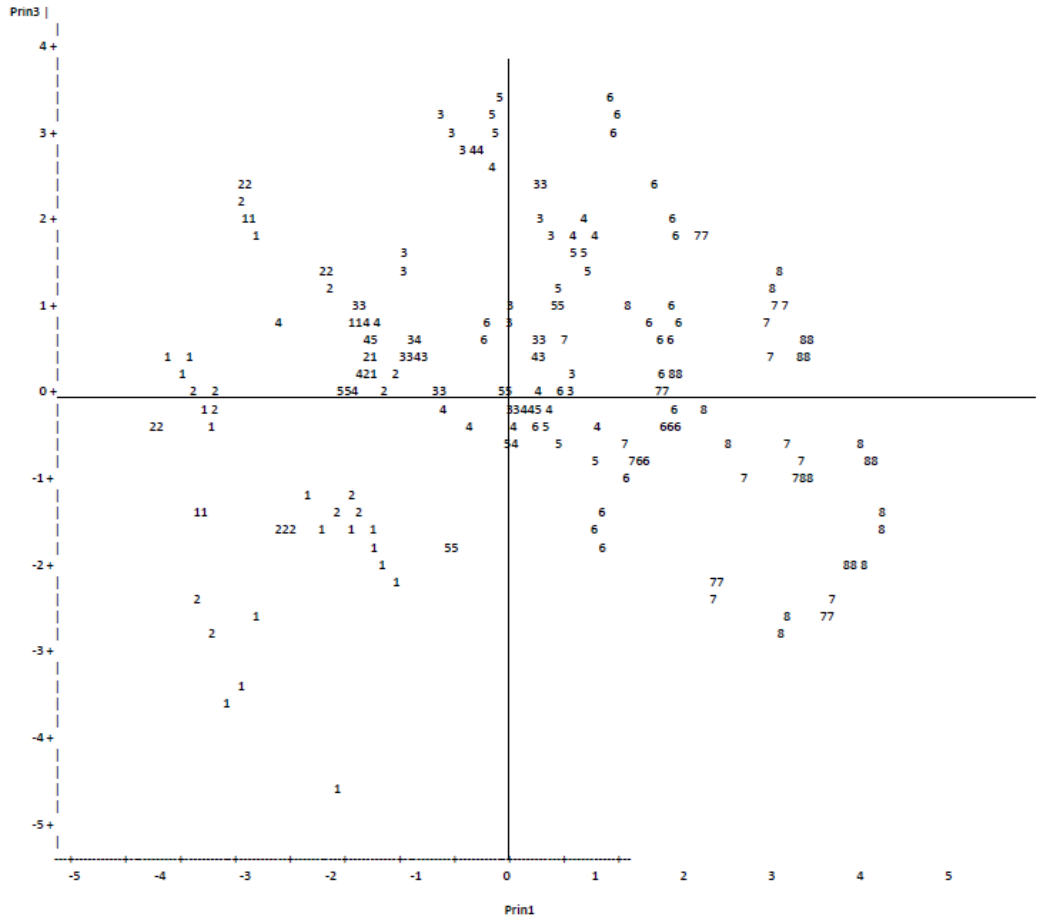


Figura 6, Dispersão gráfica dos escores dos oito pontos amostrados no rio Itanhém, em relação aos componentes principais (CP) 3 e 1. Em que os números representam os respectivos pontos amostrados no rio Itanhém

No comparativo CP3 x CP1 é possível observar que os pontos 1 e 2, se concentram, assim como no comparativo CP 1 x CP2, predominantemente no quadrante inferior esquerdo, enquanto o ponto 6 se dispersa nos quadrantes superior e inferior direito.

Na figura 5, observa-se que os diferentes tipos de uso e ocupação do solo como Floresta Plantada, Pastagem e Infraestrutura Urbana mantiveram-se próximos dos parâmetros nitrito e nitrato) e ORP, já para Formação Florestal e Cultura Anual e Perene observaram que se agruparam no quadrante inferior direito enquanto para o tipo de uso e ocupação do solo em Mosaico de Agricultura e Pastagem verificou-se que a maioria dos parâmetros estão próximos, ou seja, há maior influência devido a existência de fontes difusas de contaminação, oriundas de áreas urbanas e agrícolas.

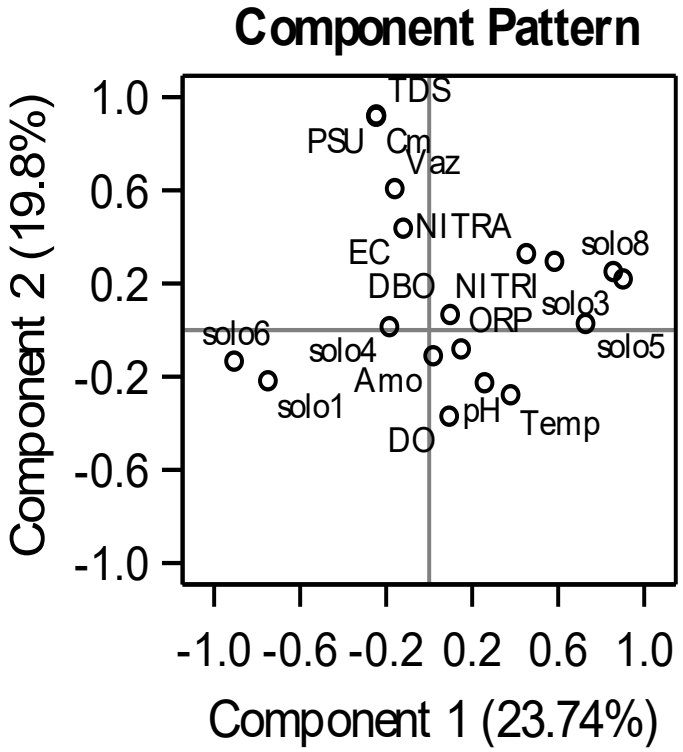


Figura 7. Análise de componente principal (ACP) dos parâmetros de qualidade da água nos oito pontos amostrados no rio Itanhém nos dois períodos estudados.

Em que: pH – potencial hidrogênico; ORP - Milivolt- potencial de redução da oxidação; DO (ppm) – oxigênio dissolvido (ppm); Cm (µS) – Condutividade; TDS - Sólidos totais (mg/L); PSU – Salinidade (%); Temp – Temperatura (ºC); EC – Coliformes termotolerantes; DBO (mg/L) – Demanda bioquímica de oxigênio 100; NITRI– Nitrito (mg/L); NITRA– Nitrato (mg/L); AMO– Amônia (mg/L); Vaz - Vazão (m^3/s), solo 1 - Formação florestal (%); solo 3 - Floresta plantada (%); solo4 - Pastagem (%); solo5 - Mosaico de agricultura e pastagem (%); solo 6 - Cultura anual e perene (%); solo 8 -Infraestrutura urbana (%)

Esses agrupamentos apresentados nas Figuras 4 e 5 representam as fontes de poluição antropogênica e pode ser explicado pelos altos cargas de matéria orgânica, que consomem grandes quantidades de oxigênio, o qual passa por processos de fermentação anaeróbia, levando à formação de amônia, o que corrobora com Liu *et al*, (2003) e Menezes *et al*, (2016).

Na Tabela 4 verificou-se os coeficientes de correlação de Spearman com os escores da contribuição de cada variável para os dois primeiros componentes principais, em que se verificou fortes correlações dos todos os tipos de uso e ocupação do solo e moderada com pH em relação ao CP_1. As variáveis: nitrito, nitrato, amônia, vazão e DBO foram não significativas em relação ao CP_1, Já em relação ao CP2, observou-se forte correlação com os parâmetros físicos TDS, Cm e PSU.

Tabela 5. Coeficientes de correlação de Spearman dos parâmetros físicos, químicos e biológicos dos oitos pontos avaliados no rio Itanhém em função dos Componentes Principais 1 (CP1) e 2 (CP2)

CP	solo1	solo3	solo4	solo5	solo6	solo8	pH	ORP	DO	Cm	TDS	PSU	Temp	EC	DBO	Amo	NITRI	NITRA	Vaz
CP_1	-0,54 *	0,85 *	-0,46 *	0,67 *	-0,90 *	0,82 *	0,47 *	0,26 *	0,32 *	-0,34 *	-0,33 *	-0,34 *	0,44 *	-0,18 *	-0,11 ns	0,03 ns	0,24 *	0,07 ns	-0,06 ns
CP_2	-0,44 *	0,36 *	0,01 ns	0,13 *	-0,33 *	0,28 *	0,01 ns	0,07 ns	-0,28 *	0,85 *	0,85 *	0,85 *	-0,16 *	0,31 *	0 ns	-0,12 ns	0,6114 *	0,42337 *	0,69363 *

Em que: pH – potencial hidrogênico; ORP - Milivolt- potencial de redução da oxidação; DO (ppm) – oxigêniodissolvido (ppm); Cm (µS) – Condutividade; TDS - Sólidos totais (mg/L); PSU – Salinidade (%); Temp –Temperatura (ºC); EC – Coliformes termotolerantes; DBO (mg/L) – Demanda bioquímica de oxigênio 100; NITRI– Nitrito (mg/L); NITRA– Nitrato(mg/L); AMO– Amônia(mg/L); Vaz - Vazão (m^3/s), solo1 - Formação florestal (%); solo 3 - Floresta plantada (%); solo4 - Pastagem (%); solo5 - Mosaico de agricultura e pastagem (%); solo6 - Cultura anual e perene (%); solo 8 -Infraestrutura urbana (%), * (P<0,05); ns – não significativo.

Na avaliação da relação do uso do solo na qualidade da água, a análise de correlação entre a qualidade da água e os diferentes tipos de uso e ocupação do solo mostra significativa relação entre os pontos avaliados por meio do teste de correlação de Spearman (Tabela 5).

Tabela 6, Coeficientes de correlação de Spearman dos parâmetros físicos, químicos e biológicos dos oitos pontos avaliados no rio Itanhém

	solo1	**solo3**	**solo4**	**solo5**	**solo6**	**solo8**	**pH**	**ORP**	**DO**	**Cm**	**TDS**	**PSU**	**Temp**	**EC**	**DBO**	**Amo**	**NITRI**	**NITRA**	**Vaz**
solo1	1,00																		
solo3	-0,72	1,00																	
solo4	-0,28	-0,27	1,00																
solo5	-0,11	0,46	-0,59	1,00															
solo6	0,55	-0,85	0,56	-0,80	1,00														
solo8	-0,36	0,68	-0,72	0,83	-0,92	1,00													
pH	-0,17	0,46	-0,20	0,25	-0,36	0,35	1,00												
ORP	-0,21	0,27	-0,07	0,18	-0,26	0,20	-0,11	1,00											
DO	0,00	0,15	-0,15	0,13	-0,151	0,15	0,08	0,26	1,00										
Cm	-0,15	0,08	0,09	-0,05	-0,03	0,00	0,01	0,13	-0,29	1,00									
TDS	-0,16	0,09	0,08	-0,04	-0,04	0,01	0,01	0,14	-0,28	0,99	1,00								
PSU	-0,15	0,08	0,07	-0,04	-0,04	0,01	0,00	0,14	-0,29	0,99	0,99	1,00							
Temp	-0,17	0,30	-0,14	0,15	-0,26	0,23	0,06	-0,27	0,27	-0,46	-0,44	-0,46	1,00						
EC	-0,15	-0,10	0,08	-0,13	0,07	0,05	-0,22	-0,04	-0,04	0,20	0,21	0,22	0,05	1,00					
DBO	-0,04	-0,07	0,09	-0,15	0,10	-0,09	0,12	-0,37	-0,45	-0,07	-0,08	-0,087	0,01	-0,10	1,00				
Amo	-0,06	0,00	0,08	-0,07	0,03	-0,04	-0,05	-0,29	0,28	-0,25	-0,24	-0,26	0,29	-0,01	-0,18	1,00			
NITRI	-0,46	0,31	-0,08	0,15	-0,35	0,39	-0,05	0,16	-0,09	0,29	0,30	0,29	-0,03	0,33	-0,06	-0,07	1,00		
NITRA	-0,22	0,06	-0,04	0,10	-0,17	0,20	-0,09	0,15	0,14	0,12	0,13	0,11	0,22	0,20	0,05	-0,00	0,42	1,00	
Vaz	-0,13	0,13	-0,01	0,09	-0,13	0,10	-0,21	0,08	0,05	0,44	0,45	0,46	-0,04	0,30	-0,37	0,00	0,59	0,19	1,00

Em que: pH – potencial hidrogênico; ORP - Milivolt- potencial de redução da oxidação; DO (ppm) – oxigêniodissolvido (ppm); Cm (µS) – Condutividade; TDS - Sólidos totais (mg/L); PSU – Salinidade (%); Temp –Temperatura (ºC); EC – Coliformes termotolerantes; DBO – Demanda bioquímica de oxigênio 100; NITRI– Nitrito (mg/L); NITRA– Nitrato(mg/L); AMO– Amônia(mg/L); Vaz - Vazão (m^3/s), solo1 - Formação florestal (%); solo 3 - Floresta plantada (%); solo4 - Pastagem (%); solo5 - Mosaico de agricultura e pastagem (%); solo6 - Cultura anual e perene (%); solo8 -Infraestrutura urbana (%)

Verificou-se que a ocupação do solo com formação florestal teve forte e significativa correlação com as ocupações dos tipos cultura anual e perene (0,55) e floresta plantada (-0,72), correlação moderada, porém negativa, com nitrito (-0,46). A vazão no dia da coleta teve correlação significativa e moderada com nitrito (0,59), PSU (0,46), TDS (0,45) e DBO (-0,37).

As áreas urbanas correlacionaram-se com as maiores concentrações de nitrito, pH e temperatura (Tabela 5). As áreas com vegetação estão associadas com a maioria das variáveis de qualidade da água nos pontos amostrados no rio Itanhém. Além disso, a proporção de áreas verdes tem sido associada coma redução das concentrações de alguns nutrientes, como de nitrito, nitrato, amônia e CT.

CONCLUSÕES

A distribuição espacial dos pontos, pelos componentes principais, permite identificar regiões similares/dissimilares. Verificou-se uma primeira visualização do grau de uniformidade/desuniformidade entre as observações dentro de cada ponto. Parte dos parâmetros tomados a campo se mostraram úteis. As variações espaciais e temporais na qualidade da água estão associadas com diferentes fontes de contaminação ao longo da bacia. As principais fontes de contaminação estão relacionadas com o escoamento superficial, sobretudo de áreas agrícolas e rurais e aos lançamentos de esgoto na área urbana.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLAN, J.D. (2004). Landscapes and rivers capes: the influence of land use on stream ecosystems. A**nnual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, v. 35, p. 257-284. DOI: https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.35.120202.110122

AKBAR, T.A.; HASSAN, Q.K.; ACHARI, G.A methodology for clustering lakes in Alberta on the basis of water quality parameters. **Clean - Soil, Air, Water**, v. 39, n. 10, p. 916-924, 2011.

ANA – Agência Nacional de Águas. Disponível em: https://www.ana.gov.br/textos-das-paginas-do-portal/indicadores-de-qualidade. Acesso em: abril. 2018.

AUTIN, M.A.; EDWARDS, D. Nonparametric harmonic regression for estuarine water quality data. **Environmetrics**, n. 21, p. 588-605, 2010. http://dx.doi.org/10.1002/env.1013

BABOROWSKI, M.; SIMEONOV, V.; EINAX, J. Assessment of water quality in the Elbe River at flood water conditions based on cluster analysis, principle components analysis, and source apportonment. **Clean - Soil, Air, Water**,v. 40, n. 4, p. 373-380, 2012.

BAKER, J.F.; STEWART, T.S.; LONG, C.R. *et al*. Multiple regression and principal components analysis of puberty and growth in cattle. **Journal of Animal Science**, v.66, n.9, p.2147-2158, 1988.

BERNARDI, J. V. E.; LACERDA, L. D.; DÓREA, J. G.; LANDIM, P. M. B.; GOMES, J. P. O.; ALMEIDA, R. *et al*. Aplicação da análise das componentes principais na ordenação dos parâmetros físico-químicos no alto Rio Madeira e afluentes, Amazônia Ocidental. **Geochimica Brasiliensis**, v. 23, n. 1, p. 79-90, 2009.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS** / Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. – Brasília: Funasa, 2014. 112 p.

BRASIL. RESOLUÇÃO CONAMA N 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acessado em: 01 de maio de 2018.

CASTRO, J. L. S.; FERNANDES, L. S.; FERREIRA, K. E. J.; TAVARES, M. S . A.; DE ANDRADE, J. B. L. Vegetação ripária: Importância e Funcionamento. **VIII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental Campo Grande/MS**, 27 a 30 de novembro de 2017. Disponível em https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2017/XI-016.pdf. Acessado em 10 de janeiro de 2020.

CEMIG (Companhia Energética de Minas Gerais): BACIAS DO LESTE. Disponível em: http://www.cemig.com.br/pt‒br/A_Cemig_e_o_Futuro/sustentabilidade/nossos_programas/ambientais/peixe_vivo/Paginas/bacias_do_leste.aspx. Acesso em: 14 abril 2018.

CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo). Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidas. São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011. Disponível em: http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/laboratorios/publicacoes/guia-nacional-coleta-2012.pdf. Acesso em: 14 abril 2018.

DUPASA, R.; DELMASC, M.; DORIOZD, J.M.; GARNIERE, J.; MOATARF, F.; GASCUEL-ODOUXA, C. Assessing the impact of agricultural pressures on N and P loads and eutrophic ation risk. **Ecological Indicators**, v. 48, p. 396-407, 2015.

FLORES, J. C. Comments to the use of water quality indices to verify the impact of Cordoba City (Argentina) on Suquiýa river. **Water Research**, v.36, p.4664-4666, 2002.

GIRÃO, E.G.; ANDRADE, E. M. de; ROSA, M.F.; ARAÚJO, L. de F. P. de; MEIRELES, MAIA, A. C. Seleção dos indicadores da qualidade de água no Rio Jaibaras pelo emprego da análise da componente principal. **Revista Ciência Agronômica**, v. 38, n. 1, p. 17–24, 2007.

GUEDES, H.A.S.; DA SILVA, D. D.; ELESBON, A.A.A.; DE MATOS, A.T.; RIBEIRO, C. B.M.; SOARES, J.H.P. Application of multivariate statistical analysis in the study of water quality in the Pomba River (MG). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 5, p. 558–563, 2012.
JOLLIFFE, I.T. Discarding variables in a principal component analysis. **II. Real data. Applied Statistics**, v.22, p.21-31, 1973.

KHATTREE, R.; NAIK, D.N. **Multivariate data reduction and discrimination with SAS software**. Cary: SAS Institute Inc., 2000. 574p.

LIAO, S.W.; GAU, H.S.; LAI, W.L.; CHEN, J.J.; LEE, C.G. Identification of pollution of Tapeng Lagoon from neighbouring rivers using multivariate statistical method. **Journal of Environmental Management**, v.88, p.286-292, 2008.

MENDONÇA, E.C.C.N.; SOUZA, P. S. Aplicação da técnica de análise de componentes principais para caracterização de águas de poços artesianos de áreas urbanas de Goiânia e Aparecida de Goiânia. **Plurais**, v.1, n.1, p.19-36, 2011.

MENEZES, J.P.C.; BERTOSSI, A.P.A.; SANTOS, A.R.; NEVES, M.A. Correlation between land use and groundwater quality. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.19, n.2, p.173-186, 2014.

MENEZES, J.P.C.; BITTENCOURT, R.P.; FARIAS, M.S.; BELLO, I.P.; FIA, R.; OLIVEIRA, L.F.C. Relação entre padrões de uso e ocupação do solo e qualidade da água em uma bacia hidrográfica urbana. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.21, n.3, p.519–534, 2016.

NILSSON, C.; RENOFALT, B.M. Linking flow regimeand water quality in rivers: a challenge to adaptive catchment management. **Ecology and Society**, v. 13, n. 2, p. 18, 2008.

PEREIRA, B. W. F.; FERNANDES, L. S.; MACIEL, M. N. M.; OLIVEIRA, F. A.; ALVES, M. A. M.; RIBEIRO, A. M.; FERREIRA, B. M.; RIBEIRO, H. G. P. Uso da terra e degradação na qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Peixe-Boi, PA, Brasil. **Revista**

Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science. Rev. Ambient. Água vol. 11 n. 2 Taubaté – Apr. / Jun. 2016.

PICKETT, S. T. A.; CADENASSO, M. L.; GROVE, J. M. *et al.* Urban ecological systems: scientific foundations and a decade of progress. **Journal of Environmental Management**, v. 92, p. 331-362, 2011.

PIRES, L.C., MACHADO, T.M.M., ARAÚJO, A.M., OLSON, T.A., SILVA, J.B.L., TORRES , R.A.; COSTA, M.S. Biometric variability of goat populations revealed by means of principal component analysis. **Genetic and Molecular Biology**, v.35, n.4, p.777–782, 2012.

ROSA DE SOUZA, J.; BRUCK DE MORAES, M.E.; SONODA, S.L.; RIALLI, H. C.; SANTOS, G. A Importância da Qualidade da Água e os seus Múltiplos Usos: Caso Rio Almada, Sul da Bahia, Brasil. **Revista Eletrônica do Prodema**, v. 8, n. 1, p. 26–45, 2014.

ROCHA, C.H.B.; PEREIRA, A.M. Análise multivariada para seleção de parâmetros de monitoramento em manancial de Juiz de Fora, Minas Gerais. **Revista Ambiente & Água**, v. 11, n. 1, p. 176, 2016.

ROCHA, C.H.B.; COSTA, H. F. Variação temporal de parâmetros limnológicos em manancial de abastecimento em Juiz de Fora, MG. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 20, n. 2, p. 543-550, 2015.

SHEELA, A.M.; LETHA, J.; JOSEPH, S.; CHACKO, M.; SANAL KUMAR, S.P.; THOMAS, J. Water quality assessment of a tropical coastal lake system using multivariate cluster, principal component and factor analysis. Lakes e Reservoirs: **Research and Management**, n. 17, p. 143-159, 2012.

SPEZIA, L.; FUTTER, M.N.; BREWER, J. Periodic multivariate Normal hidden Markov models for the analysis of water quality time series. **Environmetrics**, n. 22, p. 304-317, 2011.

TU, J. Spatially varying relationships between land use and water quality across an urbanization gradient explored by geographically weighted regression. **Applied Geography**, n. 31, p. 376-392, 2011.

VANZELA, L.S.; HERNADEZ, F.B.T.; FRANCO, R.A.M. Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do Córrego Três Barras, Marinópolis. Revista Brasileira de **Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.1, p.55-64,2010. http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662010000100008.

CONCLUSÃO GERAL

A presença de poluição proveniente de lançamento de esgoto doméstico tratado e não tratado, além de atividades agrícolas desenvolvidas no entorno do rio estão alterando drasticamente as características físico-químicas e biológicas do rio Itanhém. O rio em estudo passa por diversos pontos que oferecem risco para a qualidade da sua água, ao se considerar o disposto na Resolução CONAMA 357/2005, desde lançamentos de efluentes, a problemas relacionados aos diferentes usos do solo, que também podem contribuir de forma negativa nos índices de qualidade, ao se considerar o poder de arrasto das chuvas que atingem a área em diferentes meses do ano, em especial nos meses de novembro a abril.

Mesmo com a constatação que apresentavam altos níveis de contaminação e/ou poluição, principalmente por coliformes termotolerantes, com valores muito acima recomendado na legislação citada, nota-se também que os valores para o mesmo indicador ficam dentro do preconiza as normas nos pontos mais distantes dos despejos de carga orgânica, mostrando a ação do fenômeno da autodepuração do rio Itanhém.

Na cidade de Medeiros Neto e no povoado de Nova Lídice deve-se aumentar o controle quanto aos dejetos lançados, bem como o cumprimento do disposto na 12651 de 25 de maio de 2012, que trata das margens ciliares, destacando-se na cidade de Teixeira de Freitas o fato de que mesmo após tratamento, o efluente lançado pela cidade deixa as águas do rio Itanhém em desacordo com a resolução CONAMA 357/2005, para os parâmetros DBO, coliformes termotolerantes, reduz os valores de OD, e eleva os valores de condutividade elétrica.

REFERÊNCIAS DA CONCLUSÃO GERAL

BRASIL, LEI 12651 de 25 de maio de 2012, Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6,938, de 31 de agosto de 1981, 9,393, de 19 de dezembro de 1996, e 11,428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4,771, de 15 de setembro de 1965, e 7,754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2,166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências, Disponível em: http://www,planalto,gov,br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651,htm, Acessado em: 10 de agosto de 2019.

BRASIL, RESOLUÇÃO CONAMA N 357, de 17 de março de 2005, Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências, Disponível em: http://www,mma,gov,br/port/conama/legiabre,cfm?codlegi=459>, Acessado em: 01 de maio de 2018.

MATERIAL SUPLEMENTAR

Ponto 01(P1): localizado a montante da cidade de Medeiros, próximo à ponte, antes da passagem do rio, no município de Medeiros Neto. Neste ponto, pode se observar, embora não haja lançamentos efluentes, a vegetação predominante é o pasto, pouca vegetação ripária.

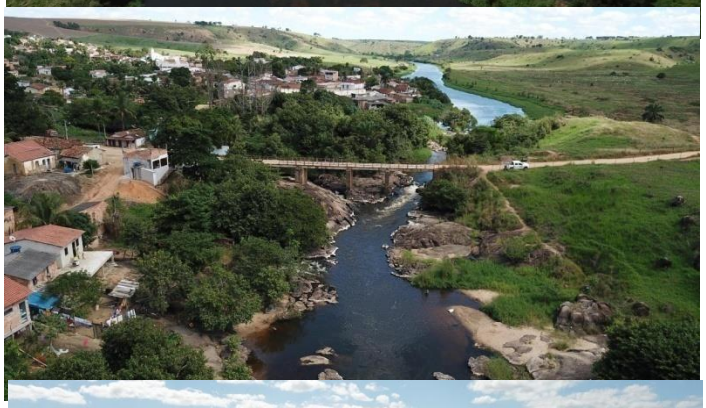
que de

Ponto 02 (P2): localizado na cidade de Medeiros neto, sob a ponte do centro da cidade onde está instalada a estação fluviométrica de Medeiros Neto. Nota-se, neste ponto que existem várias residências e estabelecimentos comerciais, os quais despejam seus dejetos diretamente no corpo do rio.

Ponto 03 (P3): localizado próximo à usina Santa Maria, na BA 290, dista aproximadamente 14 km do ponto 02. Neste ponto é possível observar várias marcas de pisoteio de gado, bem como pontos de travessias, embora presente, há pouca vegetação ripária.

Ponto 04 (P4): localizado antes da entrada do rio no povoado de Nova Lídice, a uma distância aproximada de 52 km da sede. Neste ponto há uma intensa atividade agropecuária, com vegetação predominantemente formada por pasto e ausência de vegetação ripária.

Ponto 05 (P5): localizado imediatamente após a passagem pelo povoado de Nova Lídice. Neste ponto é possível verificar diversos pontos de lançamentos de efluentes, mas com a vantagem de ter a velocidade aumentada e pontos de aeração, apresenta sempre bons índices de OD.



Ponto 06 (P6): localizado na área de captação da água, para abastecimento da cidade de Teixeira de Freitas, pela EMBASA, a uma distância aproximada de 39km de P5. Apresenta uma vegetação ciliar satisfatória, com pontos de aeração.

Ponto 07(P7): localizado após a cidade de Teixeira de Freitas-BA, sob a ponte da BR 101. Neste ponto, há um frigorífico, que tem outorga de lançamento de dejetos.

Ponto 08 (P8): localizado na saída para Alcobaça, próximo a ponte da BA 290,Neste ponto o rio já recebeu a descarga de efluentes tratados da cidade de Teixeira de Freitas.